



**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR**

**FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES**

**ESCUELA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**

**Interacciones intra e inter-específicas entre polillas de la papa (Lepidoptera:  
Gelechiidae)**

**Disertación previa a la obtención del título de Licenciado en  
Ciencias Biológicas**

**MARIO ANDRÉS HERRERA DÉFAZ**

**QUITO, 2010**

Certifico que la Disertación de Licenciatura en Ciencias Biológicas del Sr. Mario Andrés Herrera Défaz ha sido concluida de conformidad con las normas establecidas; por lo tanto, puede ser presentada para la calificación correspondiente.

Olivier Dangles, Ph.D.

Director de la Disertación

Quito, 18 de Noviembre de 2010

A mi familia

## AGRADECIMIENTOS

En la realización del presente trabajo agradezco a mi padre Mario Herrera, a mi madre Cumandá Défaz y a mis hermanas Melissa y Carina, quienes me han ensañado grandes valores morales y han confiado en mí en todo momento.

Al Dr. Olivier Dangles quien ha sido parte fundamental en la realización de este trabajo y ante todo un gran amigo y guía.

Al Msc. Álvaro Barragán y al Ing. Julio Sánchez por su apoyo en el transcurso de este proyecto.

A Paulina Rosero, Verónica Mesías, Cristián Changoluisa y Silvia Román por su valioso aporte para la realización de este trabajo.

Finalmente, quisiera agradecer de manera muy especial a David Ortega, Marco Larrea, Diego Larco y a cada una de las personas que han vivido conmigo la realización de este trabajo, a quienes agradezco desde lo más profundo de mi corazón por haberme brindado todo el apoyo, ánimo, comprensión, pero sobre todo su cariño y amistad.

## TABLA DE CONTENIDOS

1. RESUMEN .....	1
2. ABSTRACT .....	3
3. INTRODUCCIÓN .....	5
3.1. Antecedentes.....	5
3.2. Invasiones biológicas .....	5
3.3. Interacciones ecológicas en insectos invasivos.....	7
3.3.1. Competencia y facilitación .....	7
3.3.2. Tipos de Competencia .....	7
3.3.3. Preferencia de oviposición .....	8
3.4. Plagas de la papa .....	9
3.5. Objetivos .....	11
3.5.1. Objetivo general .....	11
3.5.2. Objetivos específicos .....	11
4. METODOLOGÍA .....	12
4.1. Protocolo de crianza para el complejo de polillas de la papa (CPP).....	12

4.2. Monitoreo de plagas de la papa en sacos.....	13
4.3. Interacciones intra e interespecíficas en el CPP	14
4.3.1. Competencia intraespecífica a nivel larval en tres especies del CPP.....	14
4.3.2. Preferencia de oviposición en tres especies del CPP entre tubérculos sanos y tubérculos dañados artificialmente .....	15
4.3.3. Preferencia de oviposición en tres especies del CPP entre tubérculos sanos y tubérculos previamente infestados .....	16
4.3.4. Competencia interespecífica entre dos especies de polilla de la papa <i>T. solanivora</i> y <i>S. tangolias</i> .....	17
4.4. Análisis estadísticos .....	18
4.4.1. Competencia intraespecífica a nivel larval en tres especies del CPP.....	18
4.4.2. Preferencia de oviposición en tres especies del CPP entre tubérculos sanos y tubérculos dañados artificialmente .....	19
4.4.3. Preferencia de oviposición en tres especies del CPP entre tubérculos sanos y tubérculos previamente infestados .....	19
4.4.4. Competencia interespecífica entre dos especies de polilla de la papa <i>T. solanivora</i> y <i>S. tangolias</i> .....	20
5. RESULTADOS.....	21

6. DISCUSIÓN.....	25
7. CONCLUSIONES.....	32
8. LITERATURA CITADA.....	34
9. FIGURAS.....	45
10. TABLAS.....	68
11. ANEXOS.....	74



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Cámaras de cópula de las tres especies del CPP .....	46
Figura 2	Huevos de las tres especies del CPP .....	47
Figura 3	Cámara de infestación .....	48
Figura 4	Recipiente (0,5 L) con tubérculo y huevos .....	49
Figura 5	Recipiente sellado con tubérculo y huevos .....	50
Figura 6	Preferencia de oviposición entre tubérculos sanos y tubérculos dañados artificialmente .....	51
Figura 7	Preferencia de oviposición entre tubérculos sanos y tubérculos previamente infestados .....	52
Figura 8	Porcentaje de infestación y relación entre la densidad de <i>P. operculella</i> y <i>T. solanivora</i> en un saco de tubérculos de papas colectado en Santa Ana, provincia de Cotopaxi .....	53
Figura 9	Porcentaje de infestación y relación entre la densidad de <i>P. vorax</i> y <i>T. solanivora</i> en un saco de tubérculos de papas colectado en Puelazo, provincia de Chimborazo .....	54
Figura 10	Porcentaje de infestación y relación entre la densidad de <i>S.tangolias</i> y <i>T. solanivora</i> en un saco de tubérculos de papas colectado en Anchiliví, provincia de Cotopaxi .....	55
Figura 11	Tasas de supervivencia de las tres especies del CPP en relación al número de larvas por gramo de papa .....	56

Figura 12	Tasas de consumo de las tres especies del CPP en relación al número de larvas .....	57
Figura 13	Gráficos de barras del número de huevos ovipositados (promedio) por hembras del CPP en tubérculos sanos y tubérculos dañados artificialmente .....	58
Figura 14	Número de huevos ovipositados (promedio) por hembras de <i>T. solanivora</i> en cuatro tubérculos .....	59
Figura 15	Número de huevos ovipositados (promedio) por hembras de <i>S. tangolias</i> en cuatro tubérculos .....	60
Figura 16	Número de huevos ovipositados (promedio) por hembras de <i>P. operculella</i> en cuatro tubérculos .....	61
Figura 17	Tasa de supervivencia de <i>T. solanivora</i> en relación al número de huevos de <i>T. solanivora</i> y <i>S. tangolias</i> .....	62
Figura 18	Tasa de supervivencia de <i>S. tangolias</i> en relación al número de huevos de <i>T. solanivora</i> y <i>S. tangolias</i> .....	63
Figura 19	Tasa de consumo por larva de <i>T. solanivora</i> y <i>S. tangolias</i> en relación al número de huevos .....	64
Figura 20	Tasa de consumo total de <i>T. solanivora</i> y <i>S. tangolias</i> en relación al número de huevos .....	65
Figura 21	Peso de pupas de <i>T. solanivora</i> en relación al número de huevos ..	66
Figura 22	Peso de pupas de <i>S. tangolias</i> en relación al número de huevos ...	67

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1	Tratamientos utilizados para la determinación de la competencia interespecífica en dos especies de polilla de la papa <i>T. solanivora</i> y <i>S. tangolias</i> .....	69
Tabla 2	Resultados del ANOVA factorial 3x6 sobre las tasas de supervivencia de larvas de <i>S. tangolias</i> , <i>T. solanivora</i> y <i>P. operculella</i> .....	70
Tabla 3	Prueba de Tukey para determinar las diferencias entre las tasas de supervivencia de larvas de <i>S. tangolias</i> , <i>T. solanivora</i> y <i>P. operculella</i> .....	70
Tabla 4	Resultados del ANOVA factorial 3x6 sobre las tasas de consumo de larvas de <i>S. tangolias</i> , <i>T. solanivora</i> y <i>P. operculella</i> .....	71
Tabla 5	Prueba de Tukey para determinar las diferencias entre las tasas de consumo de larvas de <i>S. tangolias</i> , <i>T. solanivora</i> y <i>P. operculella</i> ..	71
Tabla 6	Resultados del ANOVA factorial 2X5 sobre los pesos de las pupas de <i>T. solanivora</i> .....	72
Tabla 7	Resultados del ANOVA factorial 2X5 sobre los pesos de las pupas de <i>S. tangolias</i> .....	73

**LISTA DE ANEXOS**

Anexo 1	Fórmula utilizada para calcular la tasa de supervivencia .....	75
Anexo 2	Fórmula utilizada para calcular la tasa de consumo .....	76
Anexo 3	Fórmula utilizada para calcular la tasa de consumo por larva ....	77

## 1 RESUMEN

Los insectos plaga son una de las principales causas de pérdidas en cultivos y en almacenes a nivel mundial. El complejo de polillas de la papa (CPP) (Lepidoptera: Gelechiidae) está conformado por tres especies: *Tecia solanivora*, *Symmetrischema tangolias* y *Phthorimaea operculella*. Este complejo es una de las principales plagas de los cultivos y almacenes de papas en varios países de la región Andina. Si bien varios trabajos han estudiado al CPP algunos de ellos han ignorado las interacciones que se producen entre las especies del complejo. Este estudio analizó las interacciones que se producen entre las especies del CPP durante las fases larvarias y adultas mediante la realización de cuatro experimentos. En sacos almacenados en bodegas de cuatro cultivos de la serranía ecuatoriana se observó un porcentaje significativo de infestaciones en combinaciones de dos especies del CPP. La competencia intraespecífica a nivel larval afectó a las tasas de supervivencia y a las tasas de consumo de las tres especies del CPP especialmente a *T. solanivora* y *S. tangolias*. Hembras de las tres especies del CPP prefirieron ovipositar en tubérculos dañados artificialmente que en tubérculos sanos debido a que los tubérculos dañados posiblemente presentan mejores condiciones para el desarrollo de la progenie. Cuando hembras del CPP tuvieron que elegir entre ovipositar en tubérculos sanos y tubérculos previamente infestados mostraron diferentes comportamientos: se observó que *T. solanivora* no tiene sitios preferidos para ovipositar mientras que *S. tangolias* y *P. operculella* tienen sitios de oviposición preferidos. Al parecer los hábitos alimenticios de *S. tangolias* y *T. solanivora* interactúan para mejorar el desempeño de las dos especies ya que no se evidenció competencia interespecífica cuando las dos especies estuvieron juntas. Los resultados del estudio sugieren que las interacciones entre las especies del CPP son importantes en determinados aspectos relacionados con la dinámica de estos insectos. Las

interacciones entre las especies del CPP, principalmente la competencia y facilitación, podrían ser de gran utilidad al momento de desarrollar nuevas estrategias para el manejo integrado de estas plagas.

**PALABRAS CLAVE:** complejo de polillas de la papa, competencia interespecífica, competencia intraespecífica, preferencia de oviposición, *Phthorimaea operculella*, *Symmetrischema tangolias*, *Tecia solanivora*.

## 2 ABSTRACT

Insect pests are a major cause of losses in crops and storage globally. The potato tuber moth (PTM) complex (Lepidoptera: Gelechiidae) is composed of three species: *Tecia solanivora*, *Symmetrischema tangolias* and *Pthorimaea operculella*. This complex is a major pest of potato crops and stores in several countries of the Andean region. Although studies have examined the PTM complex, several of them have ignored the interactions that occur between species of this complex. This study analyzed the interactions that occur among PTM complex species during larval and adult stages by performing four experiments. Combinations of two species of PTM complex showed a significant percentage of infestation in sacks stored in four cultures of the Ecuadorian highlands. Intraspecific competition affected larval survival rates and consumption rates of the three species especially *T. solanivora* and *S. tangolias*. Females of three PTM complex species showed oviposition preference for artificially damaged tubers over the healthy ones because the damaged tubers may have better conditions for the development of the offspring. When females of the PTM complex had to choose laying eggs between healthy tubers and previously infested ones showed different behaviors, we found that *T. solanivora* have not preferred sites for oviposition while *S. tangolias* and *P. operculella* have preferred oviposition sites. Apparently the feedings habits of *S. tangolias* and *T. solanivora* collaborate to improve the performance of the two species because there was no evidence of interspecific competition when the two species were placed together. The results suggest that interactions between PTM complex species are important in certain aspects of the dynamics of these insects. The interactions between species of PTM complex, especially competition and facilitation, could be very useful to develop new strategies for integrated management of these pests.

**Key words:** interspecific competition, intraspecific competition, oviposition preference potato tuber moth complex, *Phthorimaea operculella*, *Symmetrischema tangolias*, *Tecia solanivora*.



### 3 INTRODUCCIÓN

#### 3.1 ANTECEDENTES

La aparición de la agricultura hace 10000 años marcó el arribo de las plagas agrícolas; desde entonces la gente ha estado en una continua batalla con estas plagas que dañan los cultivos y reducen el valor de los mismos (Shogren y Tschirhart, 2005). Como consecuencia de estos daños no solo hay una pérdida a nivel agrícola (60-70% de pérdidas principalmente en productos almacenados) sino que también hay grandes pérdidas a nivel económico (Nwilene *et al.*, 2008; Thomas, 1999). La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación estima que las plagas, los patógenos y las malezas causan la pérdida de más del 40% del suministro mundial de alimentos (FAO, 2006). En las últimas décadas esta situación empeoró con la integración de la economía global dando como resultado un incremento en las invasiones biológicas (Cohen y Carlton, 1998). El comercio (local e internacional) se ha convertido en la principal vía de transporte de varias especies invasivas, incluyendo plagas agrícolas, que en su mayoría llegan a su nuevo destino sin intención de hacerlo (Margolis *et al.*, 2005). Además la apertura de nuevas rutas comerciales ha incrementado la frecuencia de introducciones de especies invasivas (Perrings *et al.*, 2005).

#### 3.2 INVASIONES BIOLÓGICAS

Las invasiones biológicas constituyen a menudo una gran fuente de información para la comprensión del funcionamiento de un ecosistema (Courchamp y Caut, 2005). El proceso de invasión puede ser dividido en cinco etapas: transporte, introducción, establecimiento, crecimiento en densidad y dispersión (Colautti y MacIsaac, 2004). El

éxito o fracaso en la transición de las diferentes etapas del proceso invasivo está determinado por: las características biológicas de las especies (Devin y Beisel, 2007; Geiger *et al.*, 2005), la competitividad del organismo (Barlow y Kean, 2004) y la disponibilidad (cantidad y calidad) de recursos y de hábitat (Clissold *et al.*, 2006; Benton *et al.*, 2006).

Las especies invasivas pueden producir efectos en individuos (mediante reducción de las tasas de crecimiento y reproducción), poblaciones o comunidades de especies; en poblaciones los efectos pueden estar relacionados con cambios en abundancia, distribución, estructura, o tasa de crecimiento de la población (Parker *et al.*, 1999). En algunas especies de insectos invasivos la dinámica de la población depende del tiempo de colonización y del tamaño inicial de la población (Baker *et al.*, 2001), así como de la distribución y abundancia de los ecosistemas (naturales o agrícolas) a los que estas plagas invaden (Carrière *et al.*, 2006). Además, también puede ocurrir una fusión invasiva, es decir, el proceso en el que un grupo de especies no nativas interactúan de varias maneras para facilitar la invasión, incrementando así la probabilidad de supervivencia y/o el impacto ecológico (Simberloff y Von Holle, 1999). El entendimiento de los factores que influyen la habilidad de los insectos plaga para invadir es importante: para la predicción, prevención y mitigación de futuras invasiones; y para la elaboración de programas dirigidos al manejo de estas plagas (Paini *et al.*, 2008; Devin y Beisel, 2007; Parker *et al.*, 2006).

### 3.3 INTERACCIONES ECOLÓGICAS EN INSECTOS INVASIVOS

#### 3.3.1 Competencia y facilitación

Las interacciones competitivas representan un factor fundamental en el establecimiento y la estructuración de una población invasiva (Cameron *et al.*, 2007a), estas interacciones pueden ser de dos tipos: positivas (facilitación) o negativas (competencia). La facilitación ocurre cuando un organismo hace que el ambiente local sea más favorable para otro organismo directa o indirectamente, además, puede tener grandes efectos en el *fitness* del individuo, tasa de distribución y crecimiento de la población, composición y diversidad de especies e incluso en la dinámica de una comunidad (Bruno *et al.*, 2003; Stachowicz, 2001): La competencia ocurre cuando el uso de recursos y la interferencia entre especies afectan de forma negativa a la tasa de crecimiento de la población de las especies implicadas ya que una especie puede aprovechar de mejor manera los recursos disponibles en comparación con la o las otras especies implicadas (Gotelli, 2001; Stahl *et al.*, 2006). La competencia puede afectar la dinámica poblacional de las especies involucradas, y esta dinámica a su vez puede influenciar la distribución de las especies y su curso evolutivo (Begon *et al.*, 2006).

#### 3.3.2 Tipos de Competencia

La competencia intraespecífica ocurre cuando los requerimientos para supervivencia, crecimiento y reproducción de individuos de la misma especie son muy similares; esto puede ocasionar que la demanda combinada por un recurso exceda a las cantidades disponibles del mismo (Begon *et al.*, 2006).

La competencia interespecífica ocurre cuando individuos de una especie sufren una reducción en fecundidad, crecimiento y supervivencia como resultado de la explotación de recursos o interferencia provocados por individuos de otras especies. Estas dos formas de competencia se dan durante todos los estadios de las especies implicadas (Begon *et al.*, 2006; Cameron *et al.*, 2007a).

Varios estudios han demostrado los efectos producidos tanto por la competencia intraespecífica como por la competencia interespecífica (Beaver, 1974; Case, 1990; Cameron *et al.*, 2007b; Duyck *et al.*, 2006; Marshall y Keough, 2009; Svanbäck y Bolnick, 2007). Sólo estudios empíricos demostrarán si la competencia es un factor determinante en el éxito de las invasiones y experimentos controlados pueden ser útiles para este propósito (Duyck *et al.*, 2006).

### **3.3.3 Preferencia de oviposición**

La localización de hospedero y la oviposición son etapas cruciales en el ciclo de vida de insectos invasivos y pueden jugar un papel muy importante en la competencia entre especies (Broad *et al.*, 2008). Finch y Collier (2003) resumieron en tres pasos básicos la localización de hospedero en insectos: la estimulación química indica cuando empezar; la estimulación visual indica donde empezar y el contacto con el hospedero indica si quedarse o trasladarse. Larvas de varias especies de insectos invasivos no son capaces de trasladarse de una planta a otra y por lo tanto son forzadas a completar su desarrollo en la planta seleccionada por su madre, se cree que las hembras ovipositan en plantas donde su descendencia se desempeñará de la manera más favorable para la especie (Shiojiri *et al.*,

2002). Estudios demuestran que algunas especies prefieren ovipositar en plantas infestadas por individuos de la misma especie y otras especies prefieren ovipositar en plantas no infestadas (Choh *et al.*, 2008).

### 3.4 PLAGAS DE LA PAPA

La papa, *Solanum tuberosum* L., es el cuarto cultivo sembrado en más de 100 países y es uno de los alimentos básicos en los países en vías de desarrollo (Cortez y Hurtado, 2002). A nivel mundial se estima en 11% las pérdidas ocasionadas por plagas de insectos en el cultivo y el almacenamiento de papa (Oerke, 2006). Los insectos plaga de la papa pueden ser Coleopteros, Lepidopteros, Dipteros, Hemípteros, Thysanopteros (CORPOICA Y REDEPAPA, 2002). En la región Andina los principales insectos plagas de la papa son: el gorgojo de los Andes o gusano blanco *Premnotrypes* spp. (Coleoptera: Curculionidae) y el complejo de polillas de la papa (CPP) (Lepidoptera: Gelechiidae), *Phthorimaea operculella* Zeller, *Tecia solanivora* Povolny, y *Symmetrischema tangolias* Gyen (Kroschel, 2002). El CPP ataca directamente los tubérculos de papa en el campo y en el almacén (Barragán, 2005; Palacios, 1997). Este trabajo se enfoca en las interacciones ecológicas que se producen entre las especies que conforman el CPP.

Los últimos 30 años tres especies del CPP, *T. solanivora*, *S. tangolias*, y *P. operculella*, han invadido en conjunto o en combinaciones de dos especies a los cultivos de papa en Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia debido a introducciones de diferentes orígenes (Dangles *et al.*, 2008). *T. solanivora* es originaria de Guatemala, se encuentra en Centroamérica y además en Venezuela, Colombia y Ecuador desde los 1000

hasta los 3500 msnm. *S. tangolias* especie típica del área andina, se encuentra en Bolivia, Perú, Colombia y Ecuador desde los 2000 a 3500 msnm y *P. operculella* especie de distribución cosmopolita, en Latinoamérica y El Caribe se encuentra en todas las zonas donde se cultiva papa desde los 0 a 4000 msnm (Palacios, 1997; Pollet *et al.*, 2003).

Varios trabajos se han enfocado en el estudio del CPP sea en una sola especie o en combinaciones de dos o tres especies, dichos trabajos han descrito y detallado aspectos importantes tales como: identificación, biología y comportamiento; características ecológicas; manejo integrado; diversidad genética (Barragán, 2005; Dangles *et al.*, 2008; Dangles *et al.*, 2009; Niño, 2004; Notz, 1995; Palacios, 1997; Puillandre, 2008; Ortiz *et al.*, 1997; Sporleder *et al.*, 2004; Vera Delgadillo, 2009; Rondon, 2010). Pero aún es necesario profundizar los conocimientos hasta ahora existentes en relación a las interacciones intra e interespecíficas que se producen entre las especies del CPP. En el CPP las interacciones interespecíficas juegan un papel fundamental ya que se ha determinado que el daño en tubérculos de papa es mayor cuando las tres especies del CPP están juntas debido al comportamiento alimenticio de las polillas, este comportamiento: (1) permite la utilización completa del recurso por parte de las larvas lo que produce un mayor daño a los tubérculos; y (2) cuando una especie de polilla está sola se pueden producir interacciones intraespecíficas más intensas en comparación a cuando hay interacción entre dos especies (Dangles *et al.*, 2009). El conocimiento de cómo afectan las interacciones intra e interespecíficas al CPP podría ser de gran utilidad en el desarrollo de nuevos experimentos de campo y de laboratorio.

### **3.5 OBJETIVOS**

#### **3.5.1 OBJETIVO GENERAL**

Evaluar las interacciones que se producen entre las especies del CPP durante las fases larvarias y adultas mediante la realización de un experimento en el campo y tres experimentos en el laboratorio.

#### **3.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Cuantificar la presencia de plagas de la papa en sacos colocados en tres diferentes localidades de la Sierra ecuatoriana.
- Determinar el impacto de la competencia intraespecífica entre larvas del CPP tomando como medida la tasa de supervivencia y la tasa de consumo de alimento.
- Determinar si hembras adultas del CPP prefieren ovipositar en tubérculos que han sido dañados por individuos de una misma especie, en tubérculos que han sido dañados por individuos de otra especie o no discriminan entre tubérculos dañados y tubérculos sanos.
- Determinar el efecto de la competencia interespecífica de dos especies de polillas de la papa *T. solanivora* y *S. tangolias* tomando como medida la tasa de supervivencia, la tasa de consumo de alimento y el peso de las pupas.

## 4 METODOLOGÍA

### 4.1 PROTOCOLO DE CRIANZA PARA EL CPP

Para la crianza de las especies del CPP se utilizó sacos infestados por las tres especies. Estos sacos fueron trasladados desde el mercado de Salcedo (Provincia de Cotopaxi) hasta el Laboratorio de Control Biológico de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador ( $19 \pm 1.5$  °C. con  $50 \pm 10\%$  de humedad relativa). En el laboratorio se procedió a separar a los adultos de las tres especies del CPP. Los adultos de cada especie fueron colocados en cámaras de cópula (fragmento de tubo PVC, 20 x 11 cm con dos láminas de tela organza de 18 x 18 cm atadas al tubo PVC por medio de ligas elásticas) para que puedan reproducirse (Figura 1). En cada cámara de cópula se puso 80 individuos. Se colocaron 2 cartulinas negras (12 x 12 cm) en los extremos de los tubos, las cartulinas sirvieron como superficie para que las hembras puedan ovipositar (Figura 2). Las cartulinas fueron cambiadas todos los días durante dos semanas. Durante las dos semanas las polillas fueron alimentadas con agua azucarada (solución de sacarosa 2M). Con los huevos obtenidos se procedió a realizar cámaras de infestación (recipiente plástico cuadrado, 22 x 22 x 12 cm). Una cámara de infestación consta de dos láminas de gasa (20 x 20 cm) cubiertas por tubérculos de papa *Solanum tuberosum* L. v. Leona blanca (Figura 3). La cantidad de huevos utilizada para la infestación fue de 12 huevos por tubérculo. Cuando se terminó de armar las cámaras de infestación se dejó que las polillas cumplan su ciclo vital. Los ciclos vitales variaron de acuerdo a la especie de polilla entre 60 y 70 días. Una vez que las polillas cumplieron su ciclo vital se procedió a ensamblar nuevas cámaras de cópula de cada especie. Actualmente las colonias del CPP son mantenidas en el



laboratorio. Cada tres meses colonias de polillas provenientes de distintos cultivos de papas ubicados en la provincia del Cotopaxi se mezclan con las colonias existentes en el laboratorio (ver Dangles *et al.*, 2008).

#### **4.2 MONITOREO DE PLAGAS DE LA PAPA EN SACOS**

En la Serranía ecuatoriana huevos, larvas, pupas e incluso adultos del CPP frecuentemente son transportados dentro de sacos para el intercambio comercial entre distintas localidades (Dangles *et al.*, 2009). En varias ocasiones estos sacos pasan por largos periodos de tiempo en las bodegas de almacenamiento antes de ser comercializados y por lo tanto son susceptibles a infestaciones por parte de plagas de la papa. Para cuantificar la densidad de estas plagas y determinar la interacción existente entre ellas se dejó cuatro sacos de papa en bodegas en tres localidades distintas de la Sierra ecuatoriana: Santa Ana (2711 msnm) y Anchiliví (2720 msnm) (dos sacos) en la provincia de Cotopaxi y Puelazo (3044 msnm) en la provincia de Chimborazo. Los sacos estuvieron en las bodegas durante tres meses. Posteriormente se trajo los sacos al laboratorio para determinar el porcentaje de infestación en los sacos (se procedió a examinar minuciosamente cada tubérculo para así cuantificar la cantidad de plagas), y además determinar qué plagas estuvieron infestando a los tubérculos (ver Barragán, 2005). Para el análisis de los datos se realizaron gráficos de dispersión y gráficos circulares utilizando EXCEL.

### 4.3 INTERACCIONES INTRA E INTERESPECÍFICAS EN EL CPP

Los tres experimentos que evaluaron las interacciones intra e interespecíficas en el CPP fueron realizados en el Laboratorio de Control Biológico de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador ( $19 \pm 1.5$  °C. con  $50 \pm 10\%$  de humedad relativa). Para el desarrollo de los experimentos se necesitaron: 630 huevos de cada especie de polilla para el experimento descrito en el ítem 4.3.1, 50 pupas hembra y 50 pupas macho de cada especie para el experimento descrito en el ítem 4.3.2 y 1200 huevos de *T. solanivora* y 1200 huevos de *S. tangolias* para el experimento descrito en el ítem 4.3.3. Tanto huevos como pupas fueron obtenidos siguiendo el protocolo de crianza descrito en el ítem 4.1.

#### 4.3.1 COMPETENCIA INTRAESPECÍFICA A NIVEL LARVAL EN TRES ESPECIES DEL CPP

El objetivo de este experimento fue determinar el impacto de la competencia intraespecífica entre larvas del CPP tomando como medida la tasa de supervivencia y la tasa de consumo de alimento. En primer lugar se colocó 5, 6, 8, 12, 14 y 18 huevos de cada especie del CPP en un recipiente plástico (0,5 L), el cual contuvo un tubérculo de papa *Solanum tuberosum* L. v. Leona blanca previamente pesado (0.01 mg, Balanza TU-OI, FA-2104). Cada recipiente contuvo los huevos de una sola especie (Figura 4). Posteriormente se cerró el recipiente con una lámina de tela que para permitir la entrada de aire. Se sujetó la lámina de tela al recipiente mediante una liga elástica (Figura 5). Como control se utilizó un recipiente que contuvo solo un tubérculo de papa previamente pesado. Se realizó 10 repeticiones para las seis cantidades de huevos y 10 repeticiones para el control. Una vez que el ciclo de vida de cada especie de polilla terminó (entre 60-70 días) se procedió a

realizar un segundo pesaje de los tubérculos de papa con el propósito de calcular las Tasas de Consumo de las tres especies de polillas (Anexo 2). Además se tomó en cuenta las Tasas de Supervivencia de cada especie (Anexo 1), es decir, el número inicial de huevos colocados y el número final de individuos que cumplieron con el ciclo de vida. Las tasas de supervivencia y las tasas de consumo fueron utilizadas para realizar los análisis descritos en el ítem 4.4.1.

#### 4.3.2 PREFERENCIA DE OVIPOSICIÓN EN TRES ESPECIES DEL CPP ENTRE TUBÉRCULOS SANOS Y TUBÉRCULOS DAÑADOS ARTIFICIALMENTE

En este estudio analizamos la competencia entre adultos de las diferentes especies del CPP para de esta manera determinar si las hembras del CPP prefieren ovipositar en tubérculos sanos o tubérculos dañados artificialmente. Para esto se colocó en un recipiente plástico (3 L) un tubérculo de papa *Solanum tuberosum* L. v. Leona blanca sin infestar y un tubérculo dañado artificialmente [12 orificios de 1 milímetro de grosor y aproximadamente 3 milímetros de profundidad realizados al azar alrededor del tubérculo para simular el daño provocado por las polillas (ver Dangles *et al.*, 2009)]. Para estandarizar el experimento el peso de los tubérculos fue  $40 \pm 5$  g (Balanza TU-OI, FA-2104). Posteriormente se colocó en cada recipiente 5 pupas hembra y 5 pupas macho de cada especie del CPP, las pupas de cada especie fueron colocadas en distintos recipientes (Figura 6). El sexo de las pupas fue determinado con la ayuda de un estereomicroscopio (ZEISS, Stemi DV4). Todos los recipientes fueron cerrados con una tapa plástica diseñada para permitir la entrada de aire. Se realizaron 10 repeticiones por cada especie. Una vez que las polillas pasaron del estadio

de pupa al estadio adulto se las dejó en el respectivo recipiente durante 21 días tomando en cuenta la longevidad de los adultos de las polillas (ver Niño, 2004; Vera Delgadillo *et al.*, 2009). Durante los días que duró el experimento las polillas fueron alimentadas con agua azucarada (solución de sacarosa 2M). Finalmente se realizó el contaje de los huevos (directamente en los recipientes), así como la determinación del lugar en que fueron ovipositados.

#### 4.3.3 PREFERENCIA DE OVIPOSICIÓN EN TRES ESPECIES DEL CPP ENTRE TUBÉRCULOS SANOS Y TUBÉRCULOS PREVIAMENTE INFESTADOS

Para determinar si hembras del CPP prefieren ovipositar en tubérculos sanos o tubérculos previamente infestados se colocó cuatro tubérculos de papa *Solanum tuberosum* L. v. Leona blanca en un recipiente plástico (3 L). Para estandarizar el experimento el peso de los tubérculos fue  $40 \pm 5$  g. El primer tubérculo estuvo previamente infestado con 12 larvas de *T. solanivora*, el segundo con 12 larvas de *S. tangolias*, el tercero con 12 larvas de *P. operculella* (la infestación previa a la colocación de los tubérculos fue de 30 días, la densidad de infestación está de acuerdo a las observaciones realizadas en bodegas de almacenamiento de papas), y el cuarto, un tubérculo sin infestar. Posteriormente se colocó en cada recipiente 5 pupas hembra y 5 pupas macho de cada especie (Figura 7). Al igual que en el ítem 4.3.2.1 el sexo de las pupas fue determinado mediante un estereomicroscopio (ZEISS, Stemi DV4). Las pupas de cada especie se colocaron en distintos recipientes. Todos los recipientes fueron cerrados con una tapa plástica diseñada

para permitir la entrada de aire. Se realizaron 10 repeticiones por cada especie. Una vez que las polillas pasaron del estadio de pupa al estadio adulto se las dejó en el respectivo recipiente 21 días (ver Niño, 2004; Vera Delgadillo *et al.*, 2009). Durante los días que dure el experimento las polillas fueron alimentadas con agua azucarada (solución de sacarosa 2M). Posteriormente se realizó el conteo de los huevos (directamente en los recipientes), así como la determinación del lugar en que fueron depositados.

#### 4.3.4 COMPETENCIA INTERESPECÍFICA ENTRE DOS ESPECIES DE POLILLA DE LA PAPA *T. solanivora* Y *S. tangolias*

Esta parte del estudio se enfoca en las interacciones entre *T. solanivora* y *S. tangolias* debido a que previamente se demostró que estas dos especies de polilla tienen tasas de consumo más altas en comparación a la tasa de consumo de *P. operculella*. El objetivo de este experimento fue determinar el efecto de la competencia interespecífica entre *T. solanivora* y *S. tangolias* mediante la evaluación de las tasas de supervivencia, las tasas de consumo y los pesos de las pupas. Se utilizaron 5 densidades de huevos (0, 4, 8, 12, 16) tanto para *T. solanivora* como para *S. tangolias*. Se combinó todas las densidades de las dos especies lo que produjo 24 tratamientos (Tabla 1) (ver Paini *et al.*, 2008). Además se realizó un tratamiento control en el que no hubo huevos de ninguna especie, esto para tener en cuenta la pérdida de peso de los tubérculos como consecuencia de la deshidratación. Esta información fue utilizada al momento de realizar los cálculos de las tasas de consumo. Para cada tratamiento se utilizó un recipiente plástico (0,5 L) en el que se colocó un tubérculo de papa *Solanum tuberosum* L. v. Leona blanca previamente pesado

(Balanza TU-OI, FA-2104). Se utilizaron tubérculos de  $50 \pm 10$  gramos. Una vez colocado el tubérculo se procedió a colocar los huevos de la o las especies de polillas según el tratamiento. Todos los recipientes fueron cerrados con una lámina de tela organza para permitir la entrada de aire. Se sujetó la lámina de tela al recipiente mediante una liga elástica. Cada tratamiento al igual que el control se replicó 6 veces. Posteriormente se esperó a que los huevos se desarrollen en larvas y finalmente en pupas para la recolección de los datos: peso final de la papa, tasa de supervivencia, peso de pupas y cantidad de gramos de papa consumida por las larvas.

#### **4.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS**

##### **4.4.1 COMPETENCIA INTRAESPECÍFICA EN TRES ESPECIES DEL CPP**

Se realizaron análisis de correlación lineal y se determinaron los coeficientes de correlación de Pearson para las variables: Tasa de supervivencia de larvas (Anexo 1) y Número de larvas / gramo de papa (esta variable fue calculada mediante la fórmula: Cantidad de huevos al inicio del experimento / peso inicial de la papa) y Tasa de consumo de papa (Anexo 2) y Número de larvas. Adicionalmente se realizaron: un ANOVA factorial 3x6 (3 especies x 6 densidades) para la tasa de supervivencia de larvas y un ANOVA factorial 3x6 (3 especies x 6 densidades) para la tasa de consumo de papa por larva. También se hizo un análisis de covarianza (ANCOVA) para determinar si el peso inicial del tubérculo de papa afecta tanto a la tasa de supervivencia como a la tasa de consumo. También se realizó una prueba de Tukey para determinar los rangos de significación de la tasa de supervivencia y la tasa de consumo de las tres especies del CPP.

Los datos obtenidos fueron analizados con la ayuda de los paquetes informáticos EXCEL, TableCurve 2D y PASW Statistics 18.

#### 4.4.2 PREFERENCIA DE OVIPOSICIÓN EN TRES ESPECIES DEL CPP ENTRE TUBÉRCULOS SANOS Y TUBÉRCULOS DAÑADOS ARTIFICIALMENTE

Los datos obtenidos fueron analizados mediante una prueba T para muestras independientes y gráficos de barras para cada una de las especies del CPP. Tanto las pruebas T como los gráficos de barras fueron realizados con el paquete informático PASW Statistics 18.

#### 4.4.3 PREFERENCIA DE OVIPOSICIÓN EN TRES ESPECIES DEL CPP ENTRE TUBÉRCULOS SANOS Y TUBÉRCULOS PREVIAMENTE INFESTADOS

Para cada especie del CPP se realizó un ANOVA de una vía y un gráfico de barras. Para determinar los rangos de significación entre los sitios de oviposición se realizó una prueba de Tukey. Todos los datos fueron analizados mediante el paquete informático PASW Statistics 18.

#### 4.4.4 COMPETENCIA INTERESPECÍFICA ENTRE DOS ESPECIES DE POLILLA DE LA PAPA *T. solanivora* Y *S. tangolias*

Para determinar la competencia interespecífica entre *T. solanivora* y *S. tangolias* se realizaron gráficos de contorno. Los gráficos determinaron el efecto de la cantidad de huevos de las dos especies de polilla sobre: la tasa de supervivencia (Número de pupas al final del experimento / Número de huevos al inicio del experimento) de *T. solanivora*, la tasa de supervivencia de *S. tangolias*, la tasa de consumo total (Anexo 2) y la tasa de consumo por larva (Anexo 3). Para establecer si la densidad tiene efecto sobre el peso de las pupas se realizaron gráficos de dispersión además de un ANOVA factorial (2x5, dos especies de polillas x 5 densidades) para cada especie. Los datos obtenidos fueron analizados con la ayuda de los paquetes informáticos EXCEL, PASW Statistics 18 y Minitab 15.



## 5 RESULTADOS

### 5.1 MONITOREO DE PLAGAS DE LA PAPA EN SACOS

Durante los tres meses que los sacos estuvieron en el campo varias plagas de la papa infestaron los tubérculos (Figuras 8, 9 y 10). En el saco colectado en Santa Ana (Provincia de Cotopaxi) se examinaron 309 tubérculos encontrándose al final de la revisión tubérculos: sanos (32%), infestados por *T. solanivora* (30%), infestados por *P. operculella* (13%) e infestados por las dos especies (25%) (Figura 8). En el saco colectado en Puelazo (Provincia de Chimborazo) se examinaron 270 tubérculos encontrándose al final de la revisión tubérculos: sanos (38%), infestados por *T. solanivora* (41%), infestados por *P. vorax* (14%) e infestados por las dos especies (7%) (Figura 9). Finalmente en los sacos colectados en Anchiliví (Provincia de Cotopaxi) se examinaron 118 tubérculos en el saco No. 1 y 121 tubérculos en el saco No. 2 encontrándose al final de la revisión tubérculos: sanos (47% saco No. 1 y 34% saco No. 2), infestados por *T. solanivora* (9% saco No. 1 y 3% saco No. 2), infestados por *S. tangolias* (18% saco No. 1 y 37% saco No.2) e infestados por las dos especies (26% en los sacos No. 1 y No. 2) (Figura 10).

### 5.2 COMPETENCIA INTRAESPECÍFICA EN TRES ESPECIES DEL CPP

La relación entre las tasas de supervivencia y el número de larvas por gramo de papa fue inversamente proporcional en las tres especies del CPP (Figura 11). Las tasas de supervivencia de *S. tangolias* ( $R^2 = 0,3193$ ; Coeficiente de correlación de Pearson,  $p = 0,00$ ) y *T. solanivora* ( $R^2 = 0,2973$ ; Coeficiente de correlación de Pearson,  $p = 0,00$ ) fueron

significativamente más altas que la tasa de supervivencia de *P. operculella* ( $R^2 = 0,0183$ ; Coeficiente de correlación de Pearson,  $p = 0,30$ ) (Figura 11, Tabla 2). Una Prueba de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ) confirmó que entre las tasas de supervivencia de *T. solanivora* y *S. tangolias* no existen diferencias significativas; y que las tasas de supervivencia de *S. tangolias* y *T. solanivora* son significativamente diferentes a la tasa de supervivencia de *P. operculella* (Tabla 3).

Las tasas de consumo de papa por larva y el número de larvas tuvieron una relación directa (Figura 12). Las tasas de consumo de papa por larva de *S. tangolias* ( $R^2 = 0,1239$ ; Coeficiente de correlación de Pearson,  $p = 0,00$ ) y *T. solanivora* ( $R^2 = 0,2946$ ; Coeficiente de correlación de Pearson,  $p = 0,00$ ) fueron significativamente más altas que la tasa de consumo de papa por larva de *P. operculella* ( $R^2 = 0,0354$ ; Coeficiente de correlación de Pearson,  $p = 0,29$ ) (Figura 12, Tabla 4). Una Prueba de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ) confirmó las diferencias entre las tasas de consumo de *S. tangolias* y *T. solanivora* y la tasa de consumo de *P. operculella* (Tabla 5).

El peso inicial de los tubérculos el cuál se incluyó en los análisis estadísticos como covariable no influyó en las tasas de supervivencia y de consumo de papa por larva de las tres especies del CPP (Tablas 2 y 4).

### **5.3 PREFERENCIA DE OVIPOSICIÓN EN TRES ESPECIES DEL CPP ENTRE TUBÉRCULOS SANOS Y TUBÉRCULOS DAÑADOS ARTIFICIALMENTE**

Las hembras de las tres especies del CPP prefieren ovipositar en tubérculos dañados artificialmente que en tubérculos sanos, esto fue determinado mediante los resultados obtenidos en los gráficos de barras y confirmado mediante los respectivas Pruebas de T (Figura 13, *T. solanivora* Prueba T,  $t = -17,702$ ,  $p = 0,00$ , *S. tangolias* Prueba T,  $t = -13,702$ ,  $p = 0,00$  y *P. operculella* Prueba T,  $t = -10,684$ ,  $p = 0,00$ ).

### **5.4 PREFERENCIA DE OVIPOSICIÓN EN TRES ESPECIES DEL CPP ENTRE TUBÉRCULOS SANOS Y TUBÉRCULOS PREVIAMENTE INFESTADOS**

En hembras de *T. solanivora* la diferencia entre los sitios de oviposición no fue significativa (Figura 14, Prueba de Tukey,  $\alpha = 0,05$ ). En contraste, hembras de *S. tangolias* prefieren ovipositar en tubérculos infestados por individuos de la misma especie y tubérculos infestados por *P. operculella* que en tubérculos infestados por *T. solanivora* y tubérculos sanos (Figura 15, Prueba de Tukey,  $\alpha = 0,05$ ) y hembras de *P. operculella* prefieren ovipositar en tubérculos infestados por individuos de la misma especie que en tubérculos infestados por *T. solanivora* o infestados por *S. tangolias* y tubérculos sanos (Figura 16, Prueba de Tukey,  $\alpha = 0,05$ ).

## 5.5 COMPETENCIA INTERESPECÍFICA EN DOS ESPECIES DE POLILLA DE LA PAPA *T. solanivora* Y *S. tangolias*

La tasas de supervivencia de *T. solanivora* y *S. tangolias* cambiaron de acuerdo al número de huevos de las dos especies (Figuras 17 y 18). La tasa de consumo por larva y la tasa de consumo total muestran un patrón de aumento de acuerdo al número de huevos de las dos especies de polilla (Figuras 19 y 20). La variación en el peso de las pupas de *T. solanivora* no fue significativa de acuerdo a la densidad de *S. tangolias*; además el aumento en la densidad de *T. solanivora* tampoco tuvo efectos significativos en el peso de las pupas así lo demuestra el ANOVA factorial realizado para comparar el peso de las pupas de *T. solanivora* (Figura 21, Tabla 6). En *S. tangolias* la variación en el peso de las pupas no fue significativa de acuerdo a la densidad de *T. solanivora*; pero a diferencia de lo observado en *T. solanivora* el aumento en la densidad de huevos de *S. tangolias* tuvo efectos altamente significativos en el peso de las pupas (Figura 22, Tabla 7).

## 6 DISCUSIÓN

### 6.1 MONITOREO DE PLAGAS DE LA PAPA EN SACOS

El CPP ataca a los tubérculos tanto en el campo como en las bodegas de almacenamiento (Palacios, 1997). En las bodegas las especies del CPP pueden causar más del 50% de pérdidas debido al almacenamiento inadecuado (Palacios, 1998). Esto se comprobó ya que una vez que los sacos fueron retirados de las bodegas de las tres localidades en la serranía ecuatoriana se determinó que todos estuvieron infestados por plagas de la papa, especialmente se observó la presencia de las tres especies del CPP. Los tubérculos de los sacos que estuvieron infestados por especies del CPP presentaron tanto infestaciones por una sola especie como infestaciones por dos especies. Las infestaciones por dos especies son de especial interés ya que posiblemente las polillas involucradas en este tipo de infestaciones tengan un mejor desempeño sobre aquellas polillas involucradas en infestaciones por una sola especie (Dangles *et al.*, 2009).

Aunque en los resultados presentados en este estudio solo se muestran los porcentajes de infestación de las diferentes plagas de la papa cabe mencionar que durante el conteo de las mismas se observó larvas, pupas y adultos especialmente de las especies del CPP lo que apoya la idea de que en la serranía ecuatoriana huevos, larvas, pupas e incluso adultos del CPP frecuentemente son transportados dentro de sacos para el intercambio comercial entre distintas localidades (Dangles *et al.*, 2009). El transporte de las especies del CPP dentro de sacos se podría evitar tomando medidas simples pero eficaces tales como la utilización de sacos libres de huevos y larvas (por ejemplo sacos de

malla), el correcto tratamiento de los tubérculos destinados a semillas y el correcto mantenimiento de las bodegas (Pollet *et al.*, 2004).

## 6.2 COMPETENCIA INTRAESPECIFICA EN TRES ESPECIES DEL CPP

Este estudio muestra como la densidad de larvas afecta de forma negativa a las tasas de supervivencia de las tres especies del CPP, es decir, las tasas de supervivencia disminuyen a medida que la densidad de larvas aumenta. Los resultados del experimento concuerdan con estudios previos en los cuales la tasa de supervivencia también está directamente relacionada con la densidad de larvas (Gibbs *et al.*, 2004; Averill y Prokopy, 1987; Bultman y Faeth, 1986). Aunque se considera que la competencia intraespecífica solo tiene importancia cuando hay altas densidades (Craig *et al.*, 1990) los resultados de este estudio muestran que incluso a bajas densidades la competencia intraespecífica puede tener importancia más aun cuando se evalúa la tasa de supervivencia.

Los resultados muestran que las tasas de supervivencia de *T. solanivora* y *S. tangolias* son más altas que la tasa de supervivencia de *P. operculella*. Posiblemente la tasa de supervivencia de *P. operculella* fue más baja que las tasas de supervivencia de las dos especies restantes debido a la temperatura en que se desarrollo el experimento. Varios estudios han demostrado que la temperatura juega un papel importante en el ciclo de vida de las especies del CPP (Dangles *et al.*, 2008; Sporleder et al., 2004; Castillo, 2005; Notz, 1995). Todavía es desconocido el efecto que tiene la temperatura en la competencia intraespecífica en las especies del CPP.

La competencia intraespecífica afecta el desarrollo de los insectos ya que usualmente la variación en la densidad afecta a la cantidad de alimento disponible para las larvas (Gibbs *et al.*, 2004). Hemos observado que las tasas de consumo de *T. solanivora* y *S. tangolias* tienden a aumentar con el incremento de larvas mientras que la tasa de consumo de *P. operculella* tiende a estabilizarse con el aumento de larvas. Esto podría ser el resultado: de los hábitos alimenticios de las diferentes especies de polillas o de la falta de datos de la relación entre densidad y tasas de consumo en altas densidades de polillas.

Estudios han demostrado que la fecundidad y el peso de pupas en insectos herbívoros juegan un rol importante en el desarrollo tomando en cuenta que el potencial reproductivo en estos insectos depende críticamente de los recursos almacenados durante los estadios larvales (Moreau *et al.*, 2006; Gibbs *et al.*, 2004; Pereyra, 2002). Si bien existen datos de fecundidad y peso de pupas en el CPP (Dangles *et al.*, 2008) todavía no se conoce el efecto de estas dos características si se toma en cuenta la densidad de larvas por lo que estudios que se enfoquen en los dos factores mencionados son necesarios para esclarecer el rol de la competencia intraespecífica en el CPP. Adicionalmente se debería evaluar la competencia intraespecífica en *S. tangolias* y *P. operculella* no sólo a nivel de tubérculos sino también a nivel de plantas de papa para de esta manera determinar el efecto de la adición de nuevos recursos alimenticios en el desarrollo larval de estas dos especies y la respuesta de las plantas de papa al ataque de estas dos especies (Utsumi y Ohgushi, 2008).

### 6.3 PREFERENCIA DE OVIPOSICION EN TRES ESPECIES DEL CPP

La primera parte de este estudio muestra que hembras de las tres especies del CPP prefieren ovipositar en tubérculos dañados artificialmente que en tubérculos sanos. Se conoce que las plantas producen compuestos volátiles para defenderse de insectos plaga y que la mezcla de estos compuestos depende de el comportamiento alimenticio de los insectos pero también que adultos de insectos herbívoros son atraídos hacia la planta hospedera por compuestos volátiles emanados por esta (Broad *et al.*, 2008; Liu *et al.*, 2005). Aunque en este estudio solo se trabajó con tubérculos posiblemente estos produjeron compuestos volátiles que atraen a insectos en mayor cantidad que aquellos compuestos que los repelen. Debido a que no existe información del efecto de compuestos volátiles en el comportamiento de adultos del CPP es posible suponer que las hembras del CPP prefirieron ovipositar en tubérculos dañados artificialmente por que estos presentaban mejores condiciones para la supervivencia de la progenie, específicamente los orificios realizados alrededor de los tubérculos pudieron haber influido en la elección de las hembras mediante la facilitación para la entrada de las larvas.

La segunda parte del estudio muestra que la preferencia de oviposición es distinta para las tres especies del CPP cuando tienen que elegir entre tubérculos infestados y tubérculos sanos. Aparentemente hembras de *T. solanivora* no discriminan sus sitios de oviposición, hembras de *S. tangolias* prefieren ovipositar en tubérculos infestados por individuos de su misma especie y en tubérculos infestados por *P. operculella* y hembras de *P. operculella* prefieren ovipositar en tubérculos infestados por individuos de su misma especie. Posiblemente la preferencia de oviposición en hembras del CPP esté relacionada con la hipótesis de preferencia-desempeño. Esta hipótesis establece que las hembras de



insectos herbívoros deberían preferir ovipositar en plantas en las que las larvas aseguren su desempeño (desarrollo y supervivencia). Varios estudios se han enfocado en probar la hipótesis de preferencia-desempeño (Mphosi y Foster, 2010; Shiojiri *et al.*, 2002; Cho *et al.*, 2008; Harris *et al.*, 2005). Es posible que la hipótesis de preferencia-desempeño se cumpla en dos de las tres especies del CPP, *S. tangolias* y *P. operculella*, ya que estas dos especies provocan menor daño a los tubérculos en comparación a *T. solanivora*; por lo que evidentemente una vez que las larvas eclosionen tendrían una mejor fuente de alimento y por lo tanto podrían asegurar el éxito de su ciclo vital. Además, como muestran los resultados tanto *S. tangolias* como *P. operculella* tienen sus tasas de oviposición más bajas en los tubérculos infestados por *T. solanivora*, hecho que confirmaría la hipótesis.

En contraste, también hay estudios que muestran que en varias especies de insectos herbívoros la relación entre preferencia de oviposición y desempeño de larvas es muy baja (Müller y Arand, 2007; Scheirs y De Bruyn, 2002); esto podría explicar la preferencia de oviposición en *T. solanivora* ya que como se muestra en el estudio hembras de esta especie no tienen un lugar de oviposición preferido.

Ya que en este estudio solo se evaluó la preferencia de oviposición, estudios complementarios deberían enfocarse en el desempeño larval, es decir, tomar en cuenta la tasa de supervivencia, la tasa de consumo y la fecundidad de las larvas que llegan a completar el ciclo de vida para de esta manera evaluar la hipótesis de preferencia-desempeño.

#### **6.4 COMPETENCIA INTERESPECIFICA EN DOS ESPECIES DE POLILLAS DE LA PAPA *T. solanivora* Y *S. tangolias***

Los resultados de este estudio sugieren que la facilitación prevalece sobre la competencia cuando *S. tangolias* y *T. solanivora* están juntas en densidades similares, esto tomando como referencia las tasas de supervivencia y de consumo. Cuando se trata de insectos herbívoros la facilitación establece que las oportunidades para la alimentación de una especie son mejoradas indirectamente por los hábitos alimenticios de otra especie (Stahl *et al.*, 2005). Varios estudios en distintos grupos de animales han demostrado el efecto de la facilitación (Stachowicz, 2001). Además se conoce que ciertas características como el peso de pupas y la fecundidad son más altas cuando dos o tres especies del CPP están juntas (Dangles *et al.*, 2009).

Ya que no se conoce si los hábitos alimenticios de *T. solanivora* influyen en la alimentación de *S. tangolias* o los hábitos alimenticios de *S. tangolias* son los que influyen sobre *T. solanivora* estudios posteriores deberían enfocarse en el estudio de esta característica especialmente en el tipo de daño que hacen las larvas a los tubérculos.

El conocimiento de las interacciones entre insectos invasivos puede ser determinante al momento de desarrollar nuevas estrategias para el manejo integrado de estas especies que son responsables de grandes pérdidas económicas a nivel mundial (Thomas, 1999). Se ha encontrado que los efectos complementarios entre insectos herbívoros pueden incrementar los daños a los cultivos (Dangles *et al.*, 2009). En la región Andina los estudios en el manejo integrado de plagas no han tomado en cuenta los efectos aditivos de la diversidad de especies, y las consecuencias de estos efectos a nivel de cultivo

y almacenamiento (Dangles *et al.*, 2009; Ortiz *et al.*, 1997; Ortiz, 2001); por lo tanto la integración de nuevos conocimientos relacionados a las interacciones entre insectos herbívoros al manejo integrado de plagas es sumamente necesaria para optimizar los resultados de estos programas de manejo

## 7 CONCLUSIONES

1. Los cultivos y bodegas de papa en la Sierra central del Ecuador principalmente se ven afectados por cuatro especies de plagas: *Premnotrypes vorax*, *Tecia solanivora*, *Symmetrischema tangolias* y *Phthorimaea operculella* que pueden infestar a los tubérculos solas o en combinaciones de dos especies.
2. La competencia intraespecífica analizada a través de las tasas de supervivencia y las tasas de consumo juega un papel importante en las tres especies del complejo de polillas de la papa especialmente en *Tecia solanivora* y *Symmetrischema tangolias*.
3. Las hembras de las tres especies del complejo de polillas de la papa prefieren ovipositar en tubérculos dañados artificialmente.
4. La preferencia de oviposición es diferente en hembras de las tres especies del complejo de polillas de la papa cuando los sitios de oviposición a escoger son tubérculos infestados previamente por polillas y tubérculos sanos.
5. La competencia no es un factor influyente cuando *Tecia solanivora* y *Simmetrischema tangolias* están juntas en densidades similares ya que al parecer los hábitos alimenticios de las dos especies interactúan para mejorar su desempeño.

6. Estudios de las interacciones entre plagas de la papa son importantes no solo para conocer como estas interacciones afectan el desarrollo de las plagas sino también para agregar información a las estrategias de manejo integrado ya que solo con la integración de todos los aspectos relacionados a los insectos plaga de la papa se podrá consolidar un programa de manejo integrado efectivo y que además esté al alcance de todas las personas involucradas en el cultivo de este alimento tan importante en toda la región Andina.

## 8 LITERATURA CITADA

- Averill, A.L. y Prokopy, R.J. 1987. Intraspecific Competition in the Tephritid Fruit Fly *Rhagoletis Pomonella*. *Ecology* 68: 878-886.
- Barragán, A. 2005. Identificación, biología y comportamiento de las polillas de la papa en el Ecuador, Boletín PROMSA, MAG-PUCE, Quito, Ecuador.
- Beaver, R.A. 1974. Intraspecific Competition among Bark Beetle Larvae (Coleoptera: Scolytidae). *Journal of Animal Ecology* 43: 455- 467.
- Baker, M.B., Ferro, D.N. y Porter, A.H. 2001. Invasions on large and small scales: management of a well-established crop pest, the Colorado potato beetle. *Biological Invasions* 3: 295-306.
- Barlow, N.D. y Kean, J.M. 2004. Resource abundance and invasiveness: a simple model. *Biological Invasions* 6: 261-268.
- Begon, M., Townsend, C.R. y Harper, J.L. 2006. *ECOLOGY From Individuals to Ecosystems*. BLACKWELL PUBLISHING. 738 pp.
- Benton, T.G., Plaistow, S.J. y Coulson, T.N. 2006. Complex population dynamics and complex causation: devils, details and demography. *Proceedings of the Royal Society B* 273: 1173-1181.

- Broad, S.T., Schellhorn, N.A., Lissont, S.N. y Mendham, N.J. 2008. Host location and oviposition of lepidopteran herbivores in diversified broccoli cropping systems. *Agricultural and Forest Entomology* 10: 157-165.
- Bruno, J.F., Stachowicz, J.J. y Bertness, M.D. 2003. Inclusion of facilitation into ecological theory. *Trends in Ecology and Evolution* 18: 119-125.
- Bultman, T.L. y Faeth, S.H. 1986. Experimental Evidence for Intraspecific Competition in a Lepidopteran Leaf Miner. *Ecology* 67: 442-448.
- Cameron, T.C., Wearing, H.J., Rohani, P. y Sait, S.M. 2007. Two-species asymmetric competition: effects of age structure on intra- and interspecific interactions. *Journal of Animal Ecology* 76: 83-93.
- Cameron, T.C., Metcalfe, D., Beckerman, A.P. y Sait, S.M. 2007. Intraespecific competition: the role of lags between attack and death in host-parasitoid interactions. *Ecology* 88: 1225-1231.
- Carrière, Y., Ellsworth, P.T., Dutilleul, P., Ellers-Kirk, C., Barkley, V. y Antilla, L. 2006. A GIS-based approach for areawide pest management: the scales of *Lygus hesperus* movements to cotton from alfalfa, weeds, and cotton. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 118: 203-210.

- Case, T.J. 1990. Invasion resistance arises in strongly interacting species-rich model competition communities. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 87: 9610-9614.
- Castillo, G.M. 2005. Determinación del ciclo de vida de las polillas de la papa *Symmetrischema tangolias* (Gyen) y *Tecia solanivora* (Povolny) bajo condiciones controladas de laboratorio. Disertación. Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador.
- Choh, Y., Uefune, M. y Takabayashi, J. 2008. Diamondback moth females oviposit more on plants infested by non-parasitised than by parasitized conspecifics. *Ecological Entomology* 33: 565-568.
- Clissold, F.J., Sanson, G.D. y Read, J. 2006. The paradoxical effects of nutrient ratios and supply rates on an outbreaking insect herbivore, the Australian plague locust. *Journal of Animal Ecology* 75: 1000-1013.
- Cohen, A.N. y Carlton, J.T. 1998. Accelerating invasion rate in a highly invaded estuary. *Science* 279: 555-58.
- Colautti, R.I. y MacIsaac, H.J. 2004. A neutral terminology to define 'invasive' species. *Diversity and Distributions* 10: 135-141.
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA) y Red Electrónica de la Papa (REDEPAPA). 2002. Insectos plaga de la papa.



- Cortez, M.R. y Hurtado, G. 2002. Guía Técnica Cultivo de la papa. CENTRO NACIONAL DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA Y FORESTAL, San Salvador, El Salvador.
- Courchamp, F. y Caut, S. 2005. Use of biological invasions and their control to study the dynamics of interacting populations. In *Conceptual ecology and invasions biology*. M.W. Cadotte, S.M. McMahon & T. Fukami (eds) Springer, 253-279.
- Craig, T.P., Itami, J.K. y Price, P.W. 1990. Intraspecific Competition and Facilitation by a Shoot-Galling Sawfly. *Journal of Animal Ecology* 59: 147-159.
- Dangles, O., Carpio, C., Barragán, A.R., Zeddami J.-L. y Silvain J.-L. 2008. Temperature as a key driver of ecological sorting among invasive pest species in the tropical Andes. *Ecological Applications* 18: 1795-1809.
- Dangles, O., Mesías V., Crespo-Perez, V. y Silvain J.-L. 2009. Crop damage increases with pest species diversity: evidence from potato tuber moths in the tropical Andes. *Journal of Applied Ecology* 1: 1-7.
- Devin, S. y Beisel, J.N. 2007. Biological and ecological characteristics of invasive species: a gammarid study. *Biological Invasions* 9: 13-24.
- Duyck, P.F., David, P., Junod, G., Brunel, C., Dupont, R. y Quilici, S. 2006. Importance of competition mechanisms in successive invasions by polyphagous tephritids in La Réunion. *Ecology* 87: 1770-1780.

- Finch, S. y Collier, R.H. 2003. Insects can see clearly now the weeds have gone. *Biologist* 50: 132-135.
- Food and Agriculture Organization (FAO). 2006. El cambio climático, las plagas y las enfermedades transfronterizas.
- Gibbs, M., Lacey L.A., Jones M.J. y Moore, A.J. 2004. Intraspecific competition in the speckled wood butterfly *Pararge aegeria*: Effect of rearing density and gender on larval life history. *Journal of Insect Science* 4: 1-6.
- Geiger, W., Alcordo, P., Baltanás, A. y Montes, C. 2005. Impact of an introduced Crustacean on the trophic webs of Mediterranean wetlands. *Biological Invasions* 7: 49-73.
- Gotelli, N.J. 2001. *A Primer of Ecology*. Sinauer Associates, Inc.
- Harris, M.O., Sandanayaka, M. y Griffin, W. 2001. Oviposition preferences of the Hessian fly and their consequences for the survival and reproductive potential of offspring. *Ecological Entomology* 26: 473-486.
- Kroschel, J. 2002. Desafíos y oportunidades para el manejo de plagas en papa en países en desarrollo. *Boletín de la papa CIP*.

- Liu, S.S., Li, Y.H., Liu, Y.Q y Zalucki, M.P. 2005. Experience-induced preference for oviposition repellents derived from a non-host plant by a specialist herbivore. *Ecology Letters* 8: 722-729.
- Margolis, M., Shogrenb, J.F. y Fischer, C. 2005. How trade politics affect invasive species control. *Ecological Economics* 52: 305-313.
- Marshall, D.J. y Keough M.J. 2009. Does interspecific competition affect offspring provisioning? *Ecology* 90: 487-495.
- Moreau, J., Benrey, B. y Thiery, D. 2006. Assessing larval food quality for phytophagous insects: are the facts as simple as they appear? *Functional Ecology* 20: 592-600.
- Mphosi, M.S. y Foster, S.P. 2010. Female preference and larval performance of sunflower moth, *Homoeosoma electellum*, on sunflower pre-breeding lines. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 134: 182-190.
- Müller, C. y Arand, K. 2007. Trade-offs in oviposition choice? Food-dependent performance and defence against predators of a herbivorous sawfly. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 124: 153-159.
- Niño, L. 2004. Revisión sobre la Polilla de la Papa *Tecia solanivora* en Centro y Suramérica. Suplemento Revista Latinoamericana de la Papa. 18 pp.

- Norris, R.F., Caswell-Chen E.P., Kogan, M. 2002. Concepts in Integrated Pest Management. Prentice Hall, 586 pp.
- Notz, A. 1995. Influencia de la temperatura sobre la biología de *Tecia solanivora* (Povolny) criadas en tubérculos de papa *Solanum tuberosum* L. Boletín de Entomología Venezolana 11: 49-54.
- Nwilene, F.E., Nwanze, K.F. y Youdeowei, A. 2008. Impact of integrated pest management on food and horticultural crops in Africa. Entomologia Experimentalis et Applicata 128: 355-363.
- Oerke, E.C., 2006. Crop losses to pests. Journal of Agricultural Science 144: 31-43.
- Ortiz, O., Alcázar, J. y Palacios, M. 1997. La Enseñanza del Manejo Integrado de Plagas en el Cultivo de la Papa: La Experiencia del CIP en la Zona Andina del Perú. Revista Latinoamericana de la Papa 10: 1-22.
- Ortiz, O. 2001. La información y el conocimiento como insumos principales para la adopción del manejo integrado de plagas. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) 61: 12-22.
- Paini, D.R., Funderburk, J.E. y Reitz, S.R. 2008. Competitive exclusion of a worldwide invasive pest by a native. Quantifying competition between two phytophagous insects on two host plant species. Journal of Animal Ecology 77: 184-190.

- Palacios, M. 1997. Manual de Capacitación Principales Plagas de la Papa: La Polilla de la Papa y La Mosca Minadora. Centro Internacional de la papa (CIP) Fascículo 3.7.
- Palacios, M. 1998. Manejo Integrado de la Polilla de la Papa en Unidades Piloto. Planeación estratégica para el manejo de *Tecia solanivora* en Colombia. Memorias. Ministerio de Agricultura; Colciencias; FEDEPAPA; IICA. pp. 61-68. Santa Fe de Bogota (Colombia).
- Parker, J.D., Burkepile, D.E. y Hay, M.E. 2006. Opposing Effects of Native and Exotic Herbivores on Plant Invasions. *Science* 311:1459-1461.
- Parker, I.M., Simberloff, D., Lonsdale, W.M., Goodell, K., Wonham, M., Kareiva, P.M., Williamson, M.H., Von Holle, B., Moyle, P.B., Byers, J.E. y Goldwasser, L. 1999. Impact: toward a framework for understanding the ecological effects of invaders. *Biological Invasions* 1: 3-19.
- Pereyra, P.C. 2002. Evidencia de competencia intraespecífica en estadios larvales tempranos de la polilla del tomate, *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Ecología Austral* 12: 143-148.
- Perrings, C., Dehnen-Schmutz, K., Touza, J. y Williamson, M. 2005. How to manage biological invasions under globalization. *Trends in Ecology and Evolution* 20: 212-215.

- Pollet, A., Barragán, A., Zeddám, J.-L. y Lery, X. 2003. *Tecia solanivora*, a serious biological invasion of potato cultures in South America. *International Pest Control* 45: 139-144.
- Pollet, A., Barragán, A.R. y Iturralde, P.F. 2004. CONOZCA Y MANEJE LA POLILLA DE LA PAPA (*Tecia solanivora*). Centro de Biodiversidad y Ambiente. Escuela de Biología. Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Puillandre, N., Dupas, S., Dangles, O., Zeddám, J.-L., Capdevielle-Dulac, C., Barbin, K., Torres-Leguizamon, M. y Silvain, J.-F. 2008. Genetic bottleneck in invasive species: the potato tuber moth adds to the list. *Biological Invasions* 10: 319-333.
- Rondon, S.I. 2010. The Potato Tuberworm: A Literature Review of Its Biology, Ecology, and Control. *American Journal of Potato Research* 87: 149-166.
- Scheirs, J. y De Bruyn, L. 2002. Integrating optimal foraging and optimal oviposition theory in plant-insect research. *OIKOS* 1: 187-191.
- Shiojiri, K., Takabayashi, J., Yano, S. y Takafuji, A. 2002. Oviposition preferences of herbivores are affected by tritrophic interaction webs. *Ecology Letters* 5: 186-192.
- Shogren, J.F. y Tschirhart, J. 2005. Integrating ecology and economics to address bioinvasions. *Ecological Economics* 52: 267-271.

- Simberloff, D. y Von Holle, B. 1999. Positive interactions of nonindigenous species: invasional meltdown? *Biological Invasions* 1: 21-32.
- Sporleder, M., Kroschel, J., Gutierrez Quispe, M. y Lagnaoui, A. 2004. A Temperature-Based Simulation Model for the Potato Tuberworm, *Phthorimaea operculella* Zeller (Lepidoptera; Gelechiidae). *Environmental Entomology* 33: 477-486.
- Stachowicz, J.J. 2001. Mutualism, Facilitation, and the Structure of Ecological Communities. *BioScience* 51: 235-246.
- Stahl, J., Van Der Graaf, A.J., Drent, R.H. y Bakker, J.P. 2006. Subtle interplay of competition and facilitation among small herbivores in coastal grasslands. *Functional Ecology* 20: 908-915.
- Stachowicz, J.J. 2001. Mutualism, Facilitation, and the Structure of Ecological Communities. *BioScience* 51: 235-246.
- Svanbäck, R. y Bolnick D.I. 2007. Intraspecific competition drives increased resource use diversity within a natural population. *Proceedings of the Royal Society B* 274: 839-844.
- Thomas, M. B. 1999. Ecological approaches and the development of “truly integrated” pest management. *Proceedings of the National Academy of Sciences of USA* 96: 5944-5951.

Utsumi, S. y Ohgushi, T. 2008. Host plant variation in plant-mediated indirect effects: moth boring-induced susceptibility of willows of a specialist leaf beetle. *Ecological Entomology* 33: 250-260.

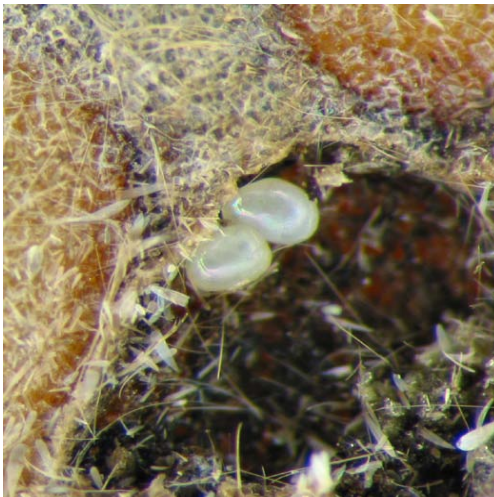
Vera Delgadillo, V., Gonzales Aldana, M.A., Chambilla Quisbert, C. y Garret, K. 2009. Efecto de las variaciones climáticas en el comportamiento de dos polillas (*Phthorimaea operculella* y *Symmetrischema tangolias*) en el cultivo de papa en comunidades del Altiplano Central. Sustainable Agriculture and Natural Resource Management Collaborative Research Support Program (SANREM CRSP). Working Paper No. 01-09.



## **9 FIGURAS**



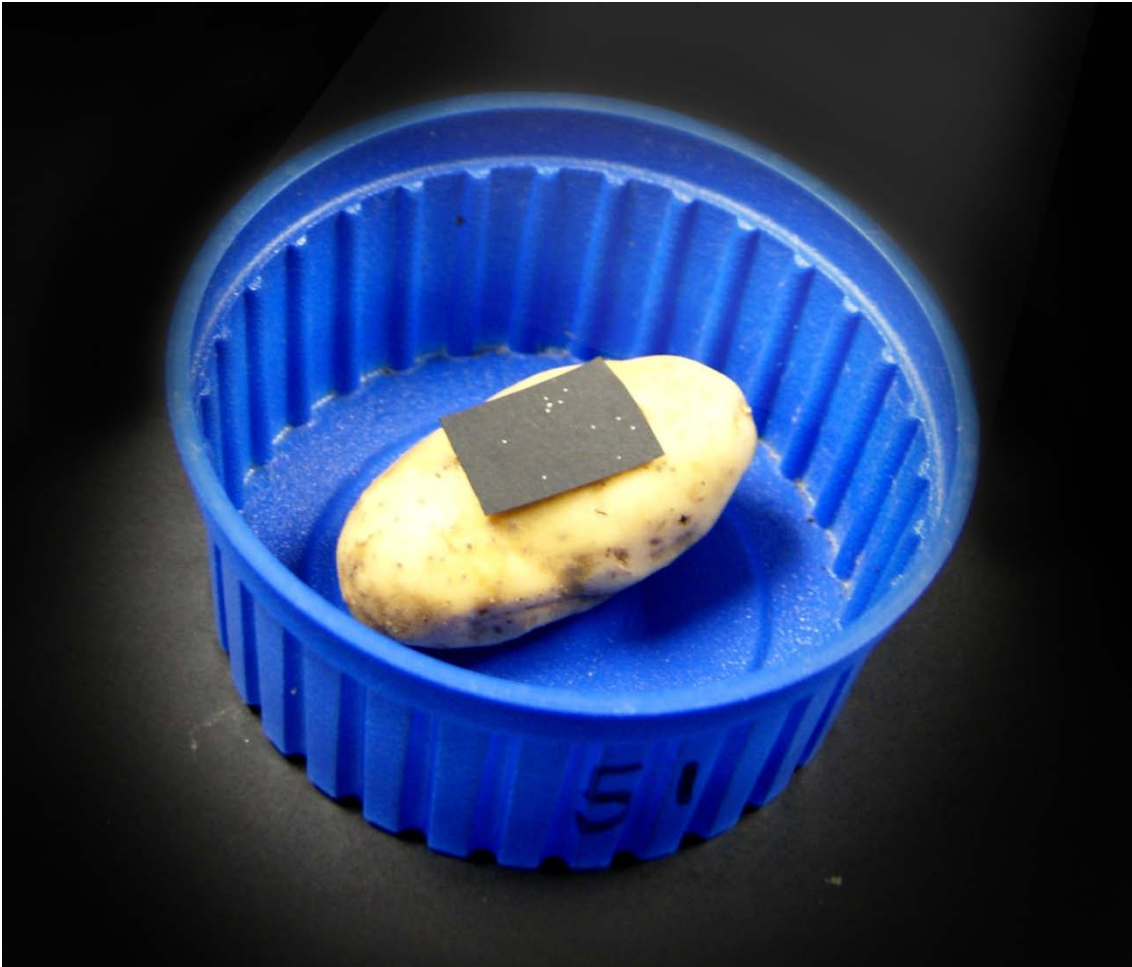
**Figura 1** Cámaras de cópula de las tres especies del CPP. De izquierda a derecha: *P. operculella*, *S. tangolias* y *T. solanivora*.



**Figura 2** Huevos de las tres especies del CPP. De arriba hacia abajo: *T. solanivora*, *S. tangolias* y *P. operculella*. (Barragán, 2005)



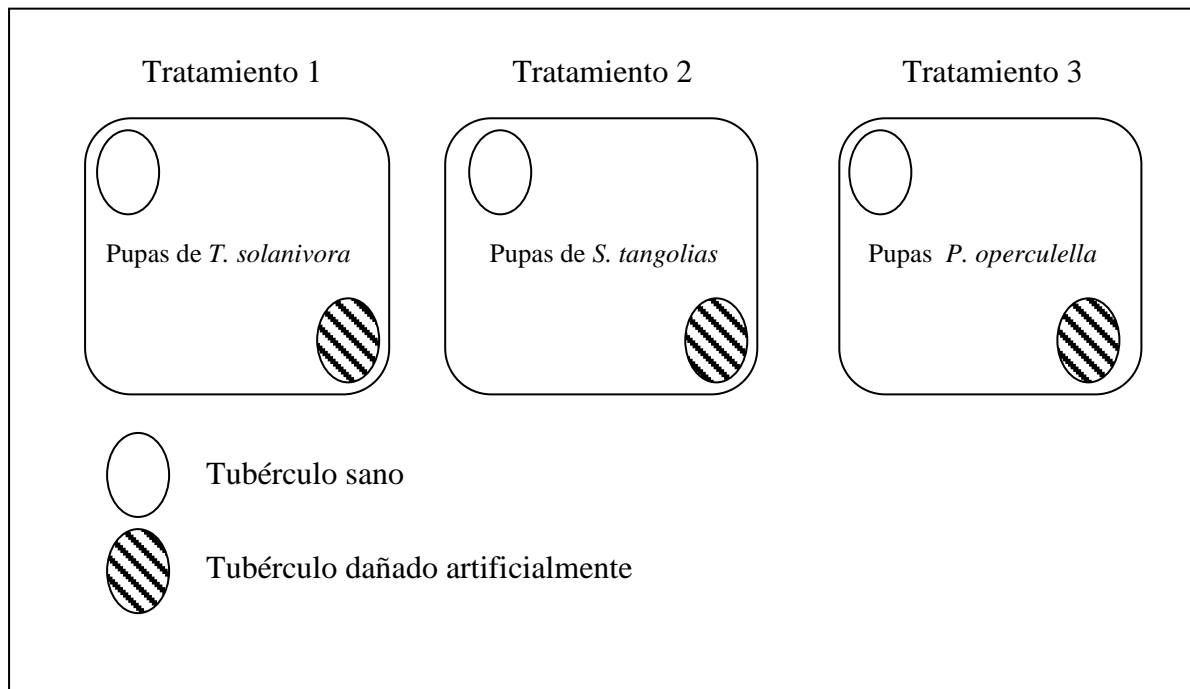
**Figura 3** Cámara de infestación. Los tubérculos fueron infestados con 12 huevos cada uno.



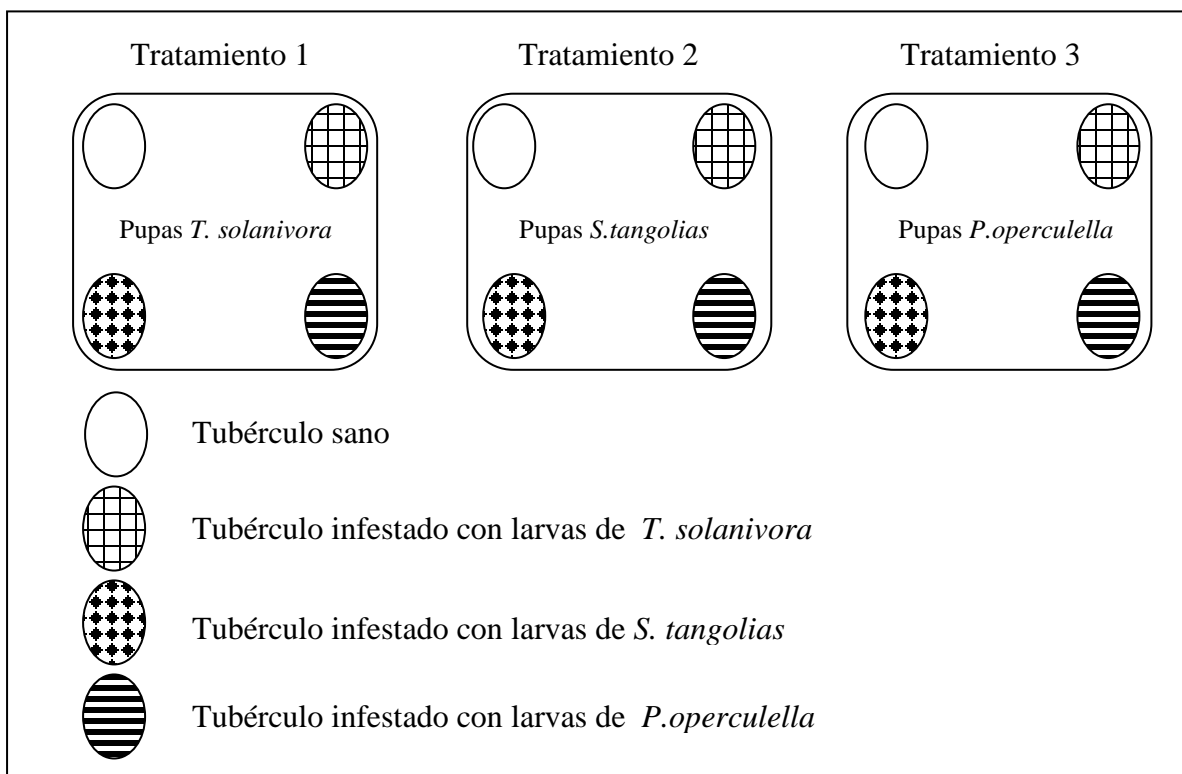
**Figura 4** Recipiente (0,5 L) con tubérculo y huevos.



**Figura 5** **Recipiente sellado con tubérculo y huevos.** El recipiente está sellado con una lámina de tela para permitir la entrada de aire. La lámina de tela está sujeta al recipiente mediante una liga elástica.

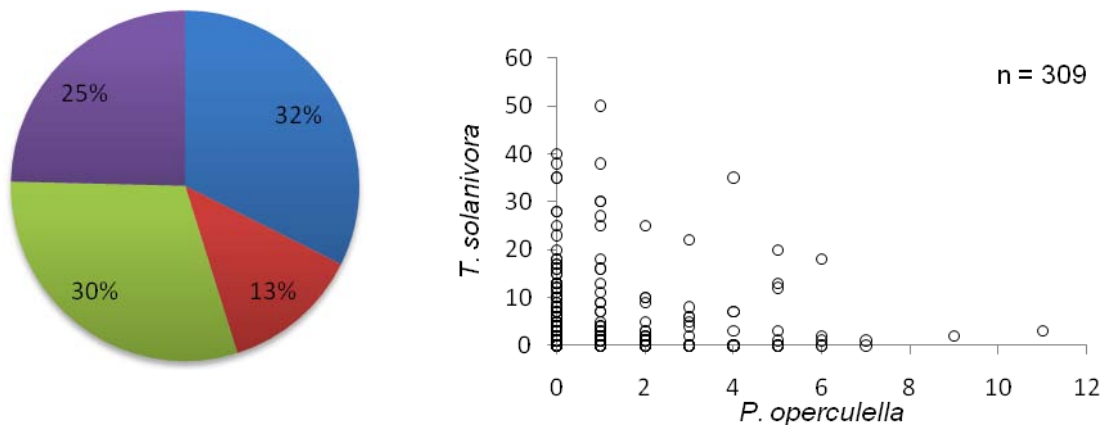


**Figura 6** Preferencia de oviposición entre tubérculos sanos y tubérculos dañados artificialmente.

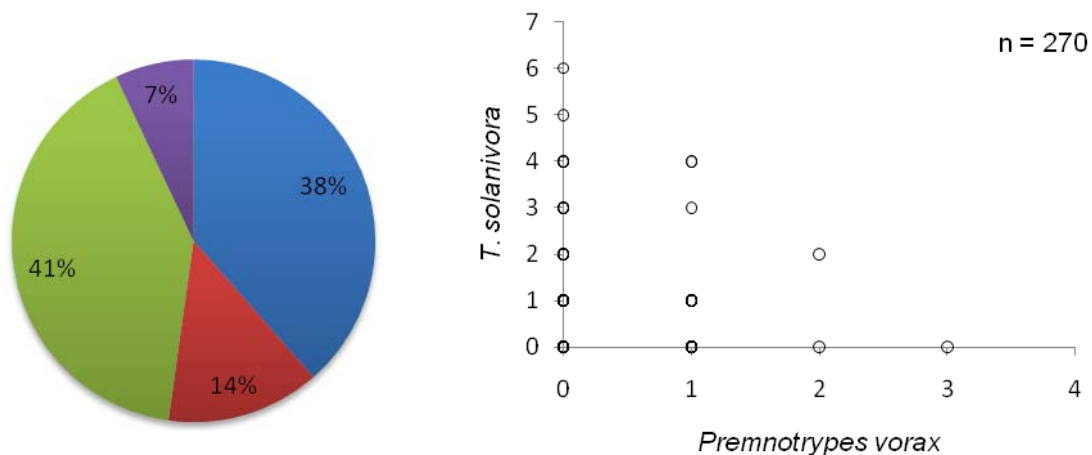


**Figura 7** Preferencia de oviposición entre tubérculos sanos y tubérculos previamente infestados.

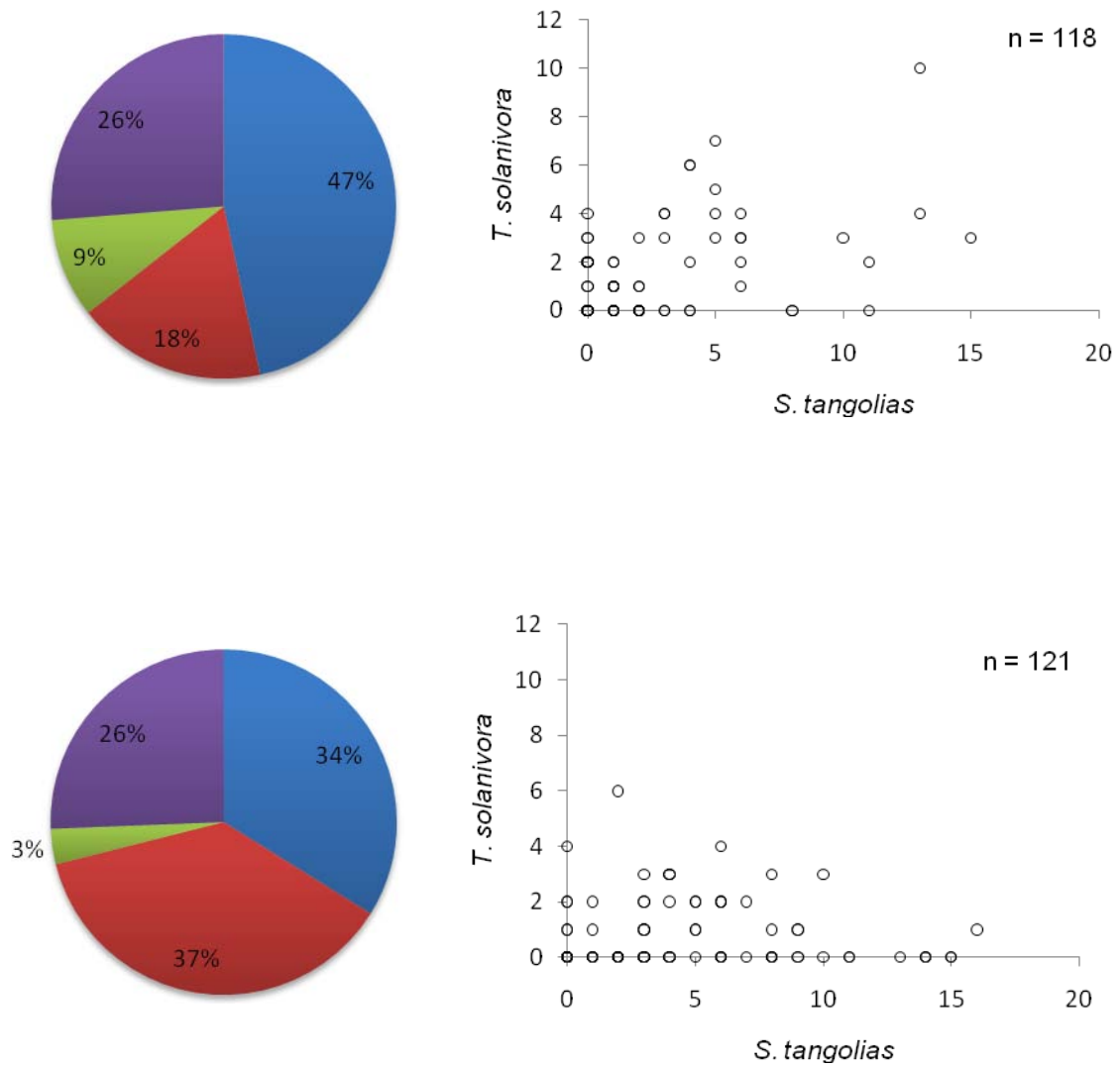




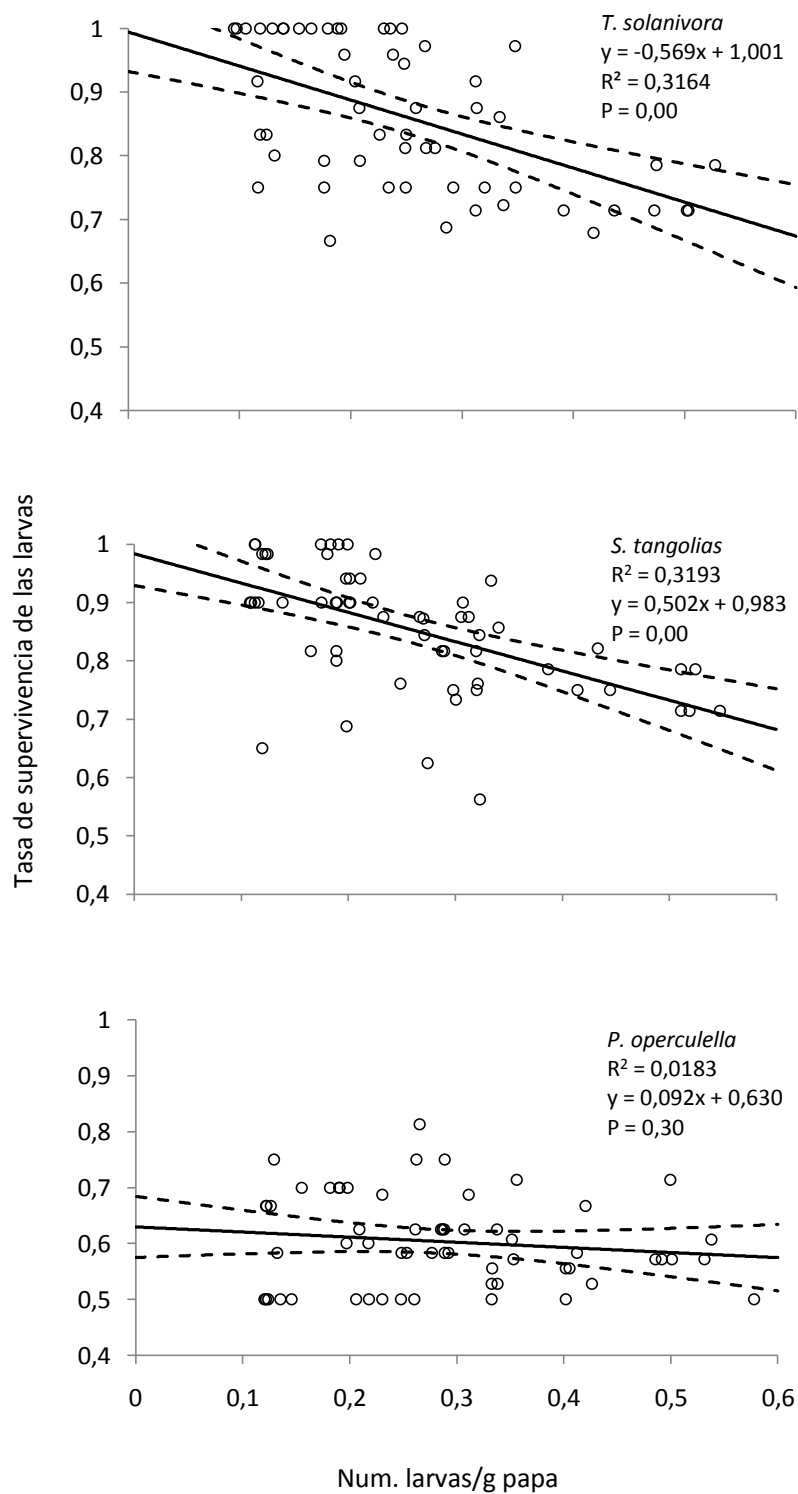
**Figura 8** Porcentaje de infestación y relación entre la densidad de *P. operculella* y *T. solanivora* en un saco de tubérculos de papas colectado en Santa Ana, provincia de Cotopaxi. El gráfico circular (izquierda) muestra el porcentaje de infestación de: tubérculos sanos (azul), tubérculos infestados por *P. operculella* (rojo), tubérculos infestados por *T. solanivora* (verde) y tubérculos infestados por las dos especies (violeta). El gráfico de la derecha muestra la relación entre el número de larvas de *T. solanivora* y las de *P. operculella* encontradas en un mismo tubérculo.



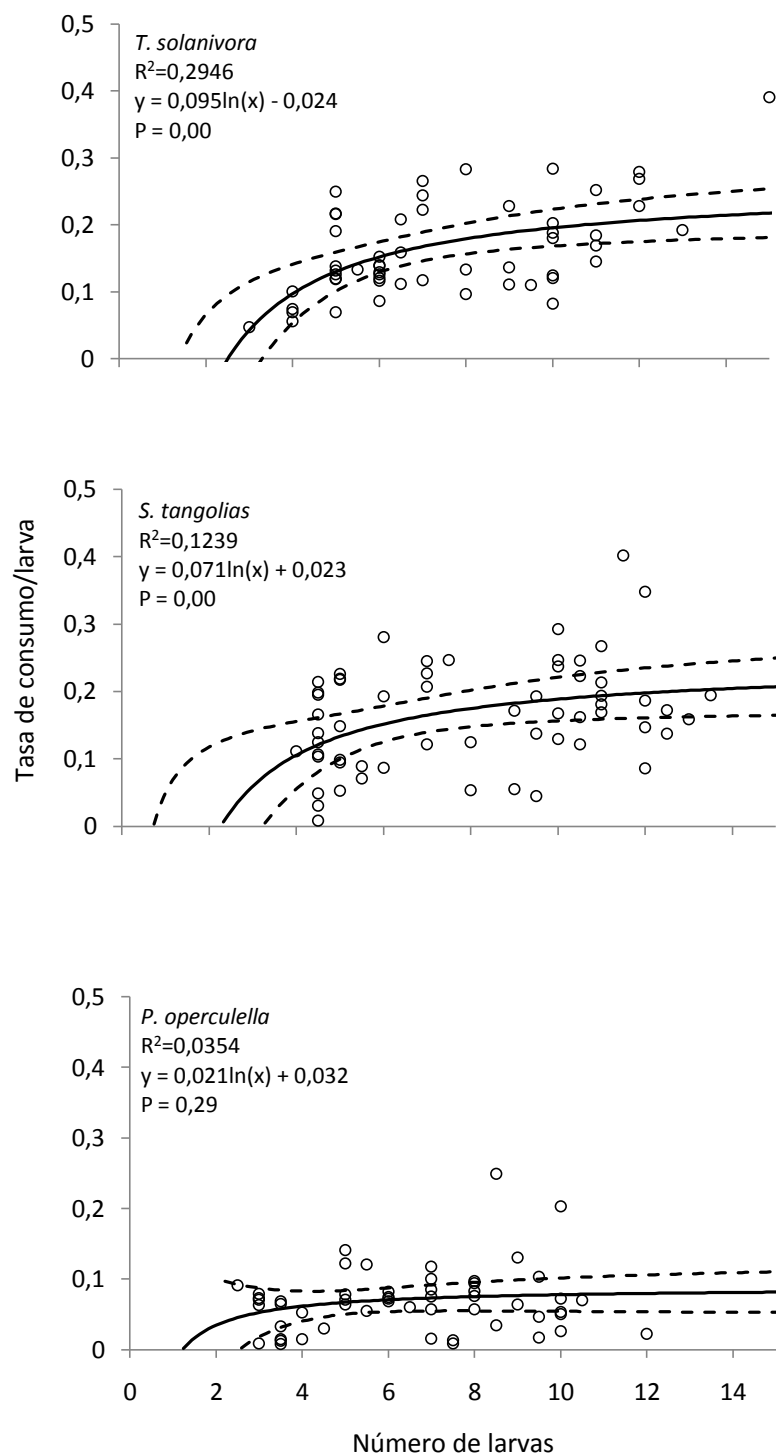
**Figura 9** **Porcentaje de infestación y relación entre la densidad de *P. vorax* y *T. solanivora* en un saco de tubérculos de papas colectado en Puelazo, provincia de Chimborazo.** El gráfico circular (izquierda) muestra el porcentaje de infestación de: tubérculos sanos (azul), tubérculos infestados por *P. vorax* (rojo), tubérculos infestados por *T. solanivora* (verde) y tubérculos infestados por las dos especies (violeta). El gráfico de la derecha muestra la relación entre el número de larvas de *T. solanivora* y las de *P. vorax* encontradas en un mismo tubérculo.



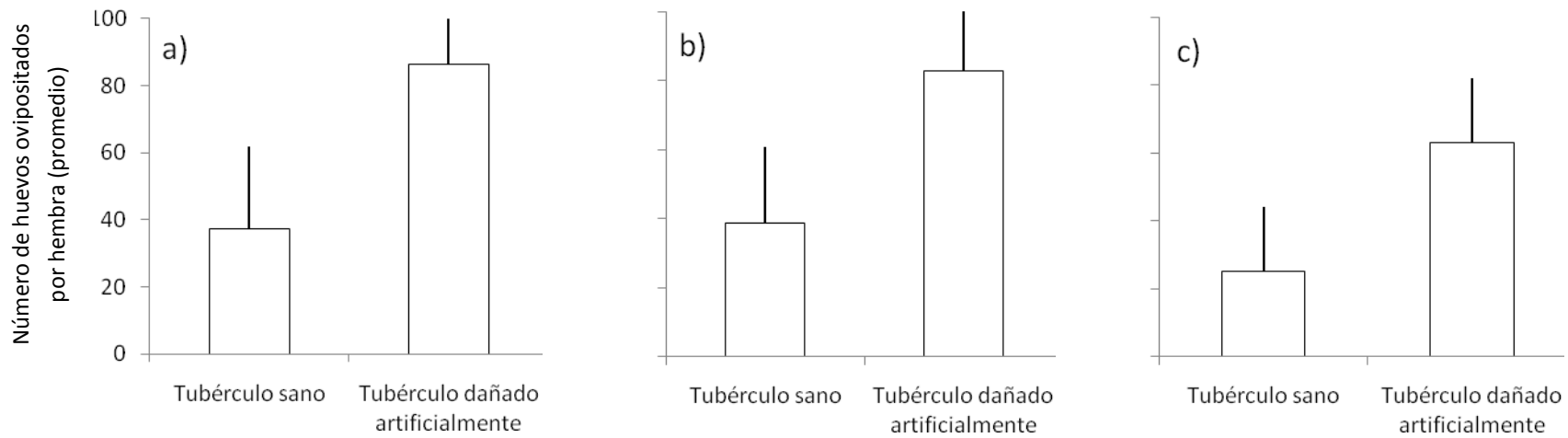
**Figura 10** Porcentaje de infestación y relación entre la densidad de *S.tangolias* y *T. solanivora* en un saco de tubérculos de papas colectado en Anchiliví, provincia de Cotopaxi. Los gráficos circulares (izquierda) muestran el porcentaje de infestación de: tubérculos sanos (azul), tubérculos infestados por *S. tangolias* (rojo), tubérculos infestados por *T. solanivora* (verde) y tubérculos infestados por las dos especies (violeta). El gráfico de la derecha muestra la relación entre el número de larvas de *T. solanivora* y las de *S.tangolias* encontradas en un mismo tubérculo.



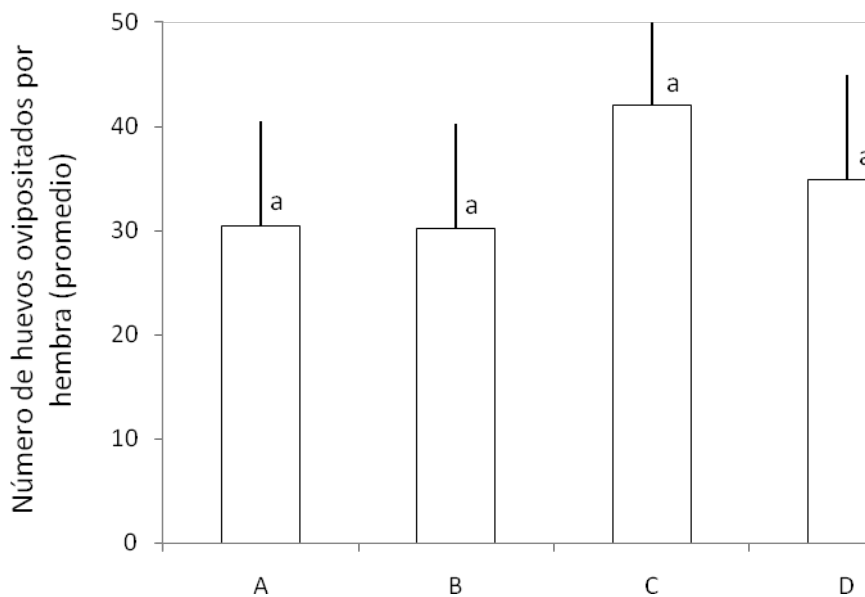
**Figura 11** Tasas de supervivencia de las tres especies del CPP en relación al número de larvas por gramo de papa. Los puntos muestran los datos observados, la línea continua la predicción del modelo y las líneas punteadas los límites de confianza al 95%. Los valores de P muestran los coeficientes de correlación de Pearson.



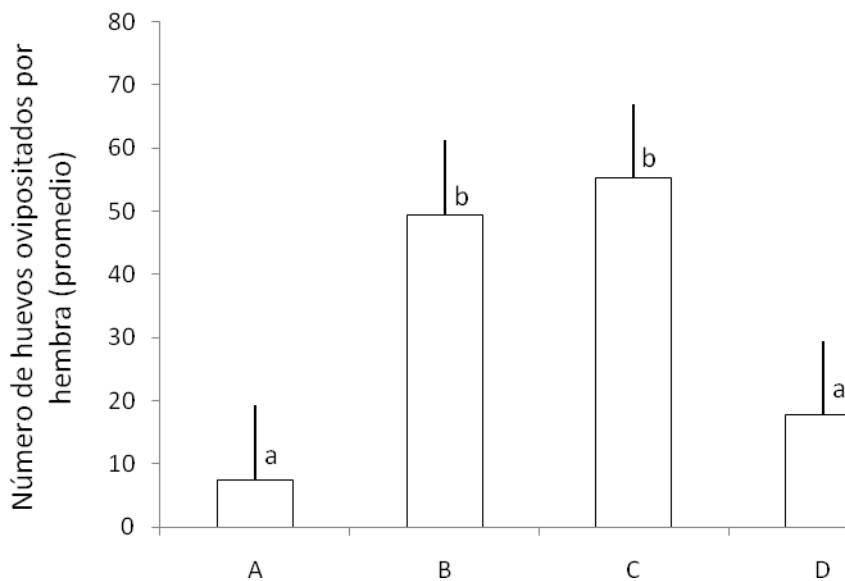
**Figura 12** Tasas de consumo de las tres especies del CPP en relación al número de larvas. Los puntos muestran los datos observados, la línea continua la predicción del modelo y las líneas punteadas los límites de confianza al 95%. Los valores de P muestran los coeficientes de correlación de Pearson.



**Figura 13** Los gráficos de barras muestran el número de huevos ovipositados (promedio) por hembras del CPP en tubérculos sanos y tubérculos dañados artificialmente. a) *T. solanivora* (Prueba T,  $t = -17,702$ ,  $p = 0,00$ ), b) *S. tangolias* (Prueba T,  $t = -13,702$ ,  $p = 0,00$ ) y c) *P. operculella* (Prueba T,  $t = -10,684$ ,  $p = 0,00$ ). Las barras de error muestran el error estándar.

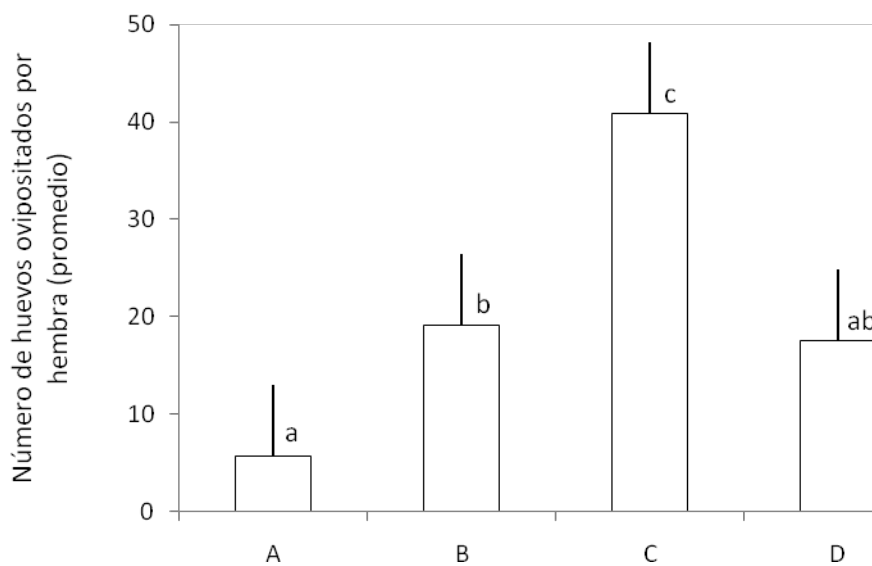


**Figura 14** Número de huevos ovipositados (promedio) por hembras de *T. solanivora* en cuatro tubérculos. A tubérculo previamente infestado por *T. solanivora*, B tubérculo previamente infestado por *S. tangolias*, C tubérculo previamente infestado por *P. operculella* y D tubérculo sano. Letras iguales muestran que no hay diferencias significativas entre los sitios de oviposición (Prueba de Tukey,  $\alpha = 0,05$ ). Las barras de error muestran el error estándar.

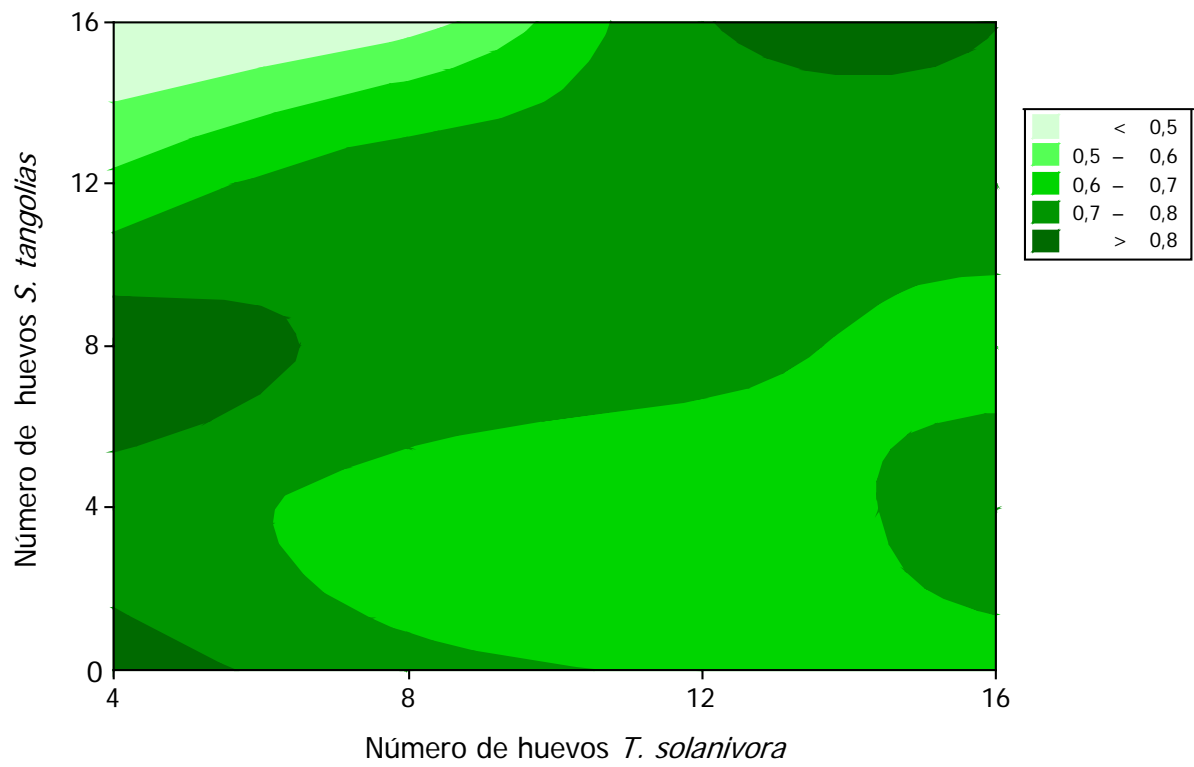


**Figura 15** Número de huevos ovipositados (promedio) por hembras de *S. tangolias* en cuatro tubérculos. A tubérculo previamente infestado por *T. solanivora*, B tubérculo previamente infestado por *S. tangolias*, C tubérculo previamente infestado por *P. operculella* y D tubérculo sano. Letras distintas muestran que hay diferencias significativas entre los sitios de oviposición (Prueba de Tukey,  $\alpha = 0,05$ ). Las barras de error muestran el error estándar.

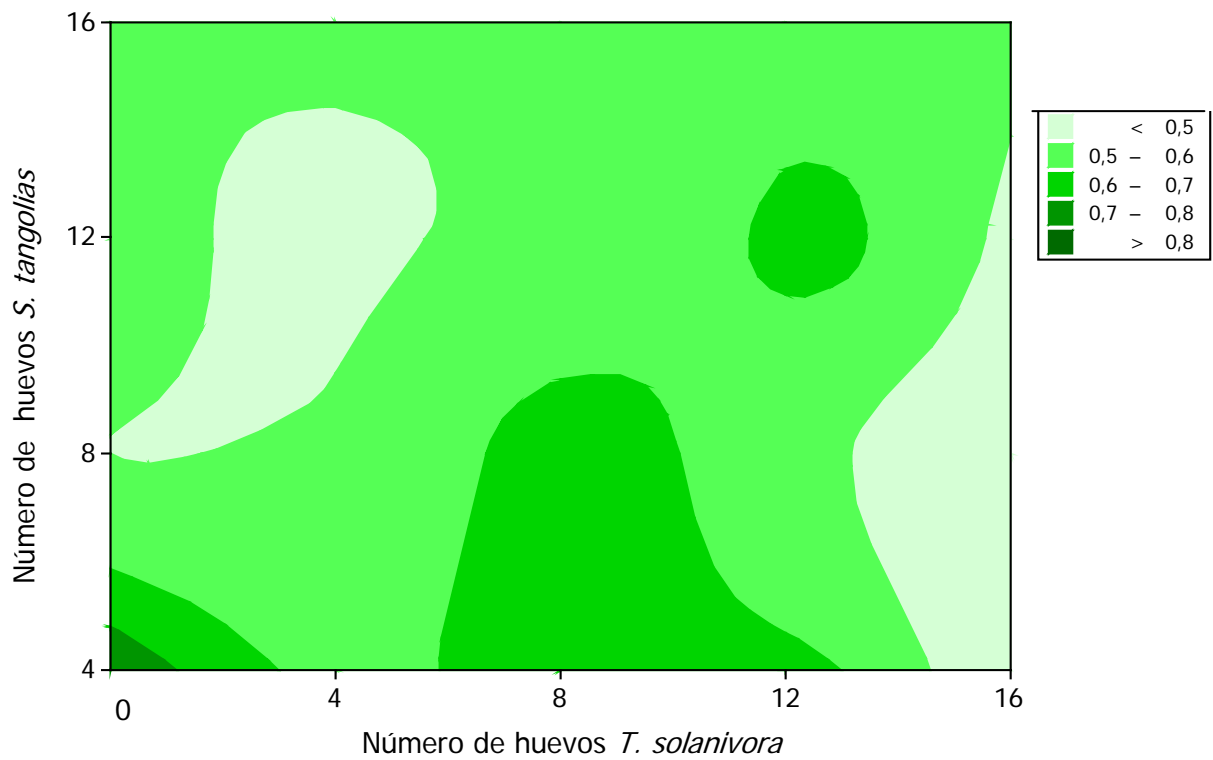




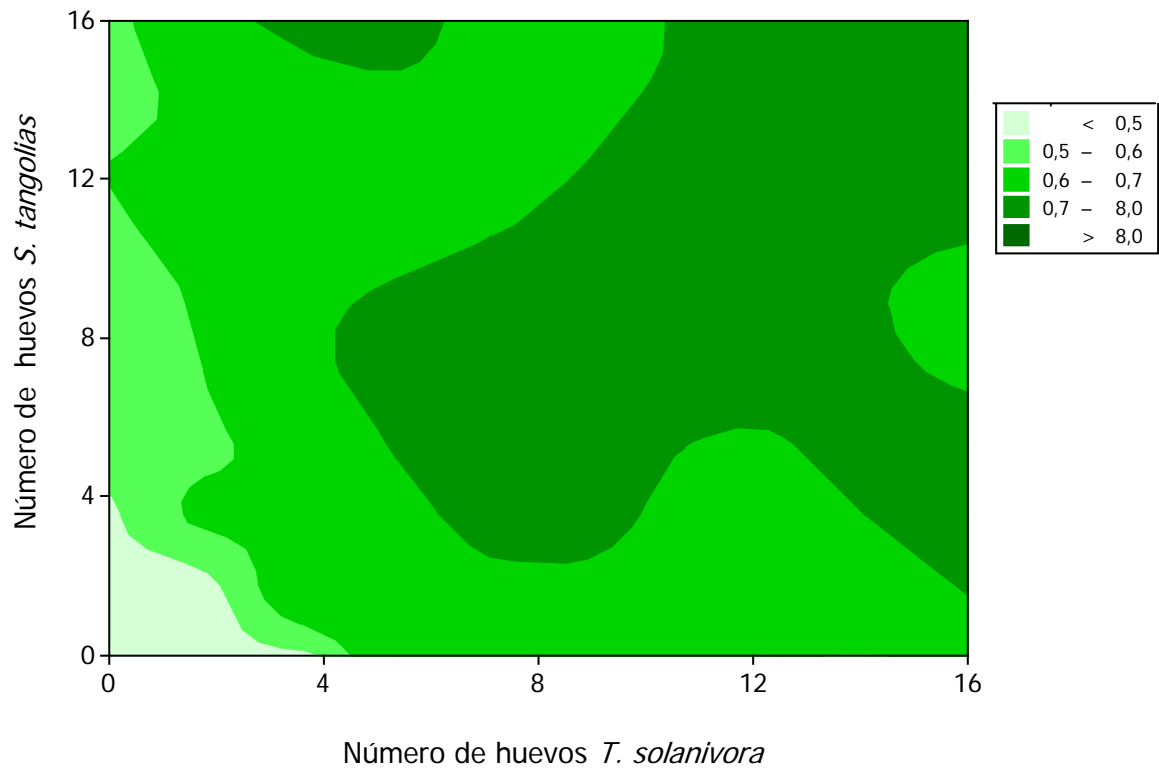
**Figura 16** Número de huevos ovipositados (promedio) por hembras de *P. operculella* en cuatro tubérculos. A tubérculo previamente infestado por *T. solanivora*, B tubérculo previamente infestado por *S. tangolias*, C tubérculo previamente infestado por *P. operculella* y D tubérculo sano. Letras distintas muestran que hay diferencias significativas entre los sitios de oviposición (Prueba de Tukey,  $\alpha = 0,05$ ). Las barras de error muestran el error estándar.



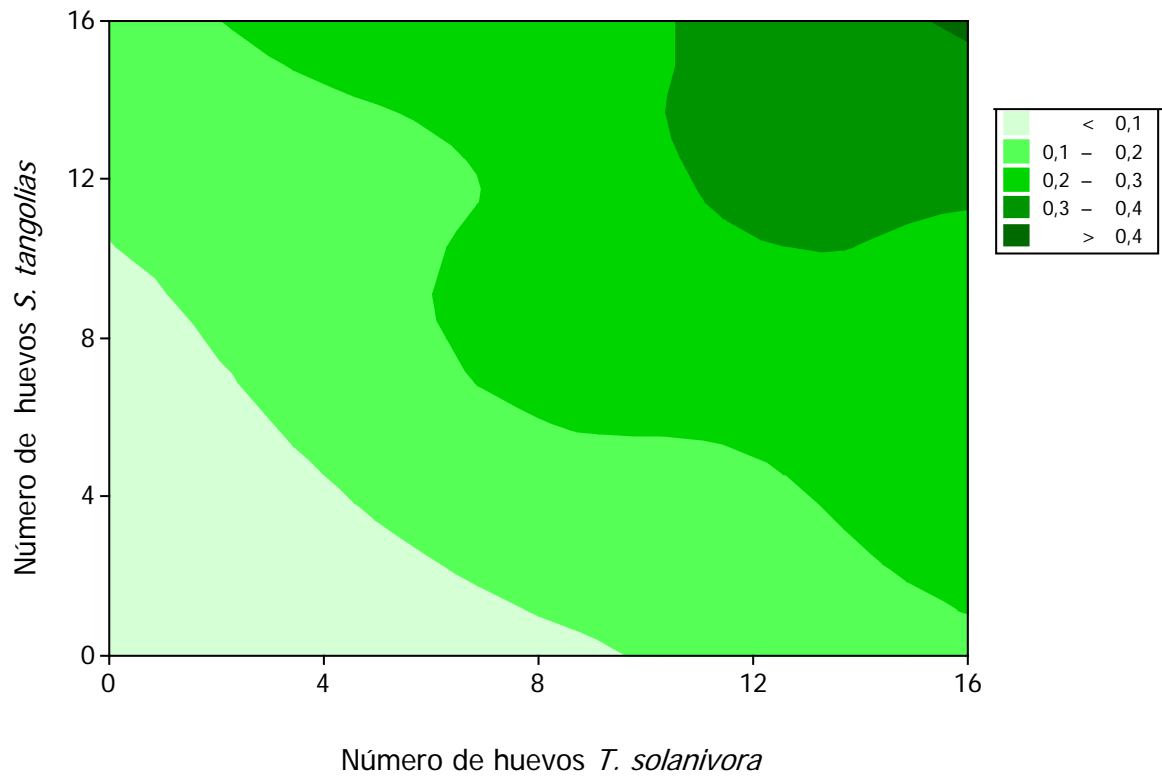
**Figura 17** Tasa de supervivencia de *T. solanivora* en relación al número de huevos de *T. solanivora* y *S. tangolias*. El rango del color verde muestra diferentes tasas de supervivencia (ver recuadro).



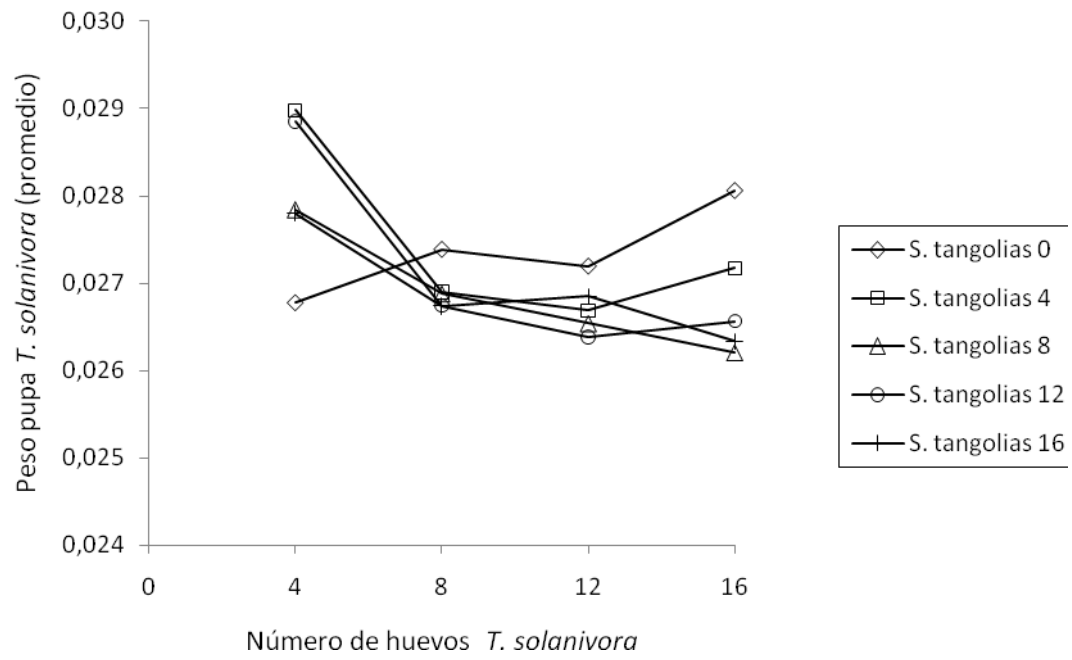
**Figura 18** Tasa de supervivencia de *S. tangolias* en relación al número de huevos de *T. solanivora* y *S. tangolias*. El rango del color verde muestra diferentes tasas de supervivencia (ver recuadro).



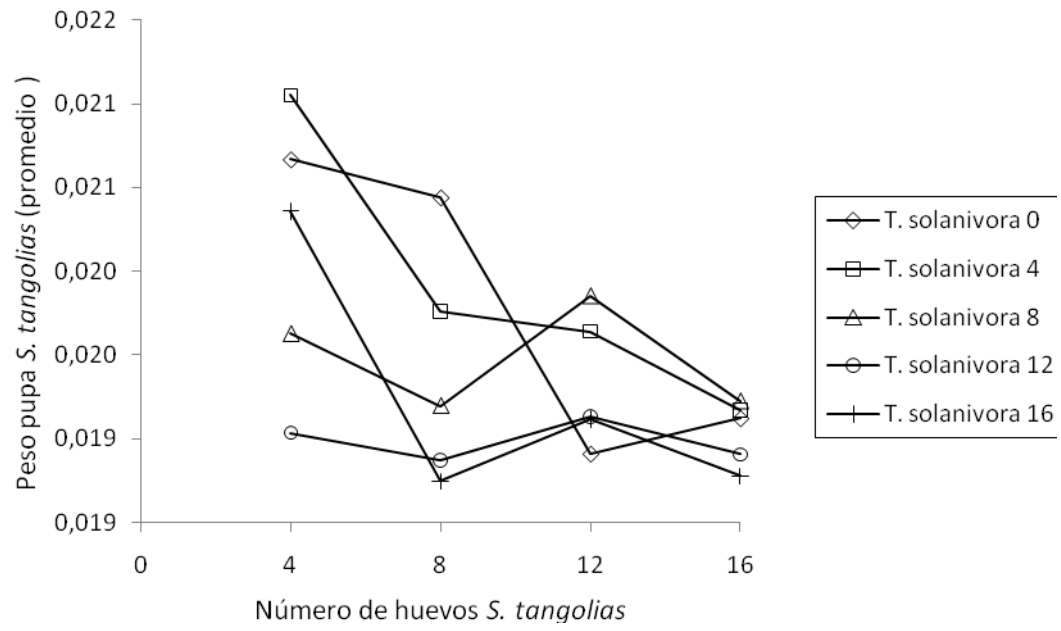
**Figura 19** Tasa de consumo por larva de *T. solanivora* y *S. tangolias* en relación al número de huevos. El rango del color verde muestra diferentes tasas de consumo por larva (ver recuadro).



**Figura 20** Tasa de consumo total de *T. solanivora* y *S. tangolias* en relación al número de huevos. El rango del color verde muestra diferentes tasas de consumo por larva (ver recuadro).



**Figura 21** **Peso de pupas de *T. solanivora* en relación al número de huevos.** En el recuadro se indica las distintas densidades de *S. tangolias*.



**Figura 22** **Peso de pupas de *S. tangolias* en relación al número de huevos.** En el recuadro se indica las distintas densidades de *T. solanivora*.

**10 TABLAS**



**Tabla 1** Tratamientos utilizados para la determinación de la competencia interespecífica en dos especies de polilla de la papa *T. solanivora* y *S. tangolias*.

Tratamiento	Cantidad de huevos	
	<i>T. solanivora</i>	<i>S. tangolias</i>
1	16	0
2	12	0
3	8	0
4	4	0
5	0	4
6	0	8
7	0	12
8	0	16
9	4	4
10	4	8
11	4	12
12	4	16
13	8	4
14	8	8
15	8	12
16	8	16
17	12	4
18	12	8
19	12	12
20	12	16
21	16	4
22	16	8
23	16	12
24	16	16

**Tabla 2** Resultados del ANOVA factorial 3x6 sobre las tasas de supervivencia de larvas de *S. tangolias*, *T. solanivora* y *P. operculella*.

Fuente	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F	P
Especie	2	1,880	0,940	127,591	0,000
Densidad de larvas	5	0,373	0,075	10,115	0,000
Especie *					
Densidad de larvas	10	0,317	0,032	4,304	0,000
Peso inicial (covariable)	1	0,005	0,005	0,740	0,391
Error	161	1,186	0,007		

**Tabla 3** Prueba de Tukey para determinar las diferencias entre las tasas de supervivencia de larvas de *S. tangolias*, *T. solanivora* y *P. operculella*.

Especie	Subconjunto	
	1	2
<i>S. tangolias</i>	0,85519	
<i>T. solanivora</i>	0,84700	
<i>P. operculella</i>		0,60417
Significación	0,860	1,000

**Tabla 4** Resultados del ANOVA factorial 3x6 sobre las tasas de consumo de larvas de *S. tangolias*, *T. solanivora* y *P. operculella*.

Fuente	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F	P
Especie	2	0,358	0,179	56,427	0,000
Densidad de larvas	5	0,188	0,038	11,810	0,000
Especie *					
Densidad de larvas	10	0,078	0,008	2,449	0,010
Peso inicial (covariable)	1	0,009	0,009	2,930	0,089
Error	161	0,511	0,003		

**Tabla 5** Prueba de Tukey para determinar las diferencias entre las tasas de consumo de larvas de *S. tangolias*, *T. solanivora* y *P. operculella*.

Especie	Subconjunto	
	1	2
<i>S. tangolias</i>	0,16250	

<i>T. solanivora</i>	0,15983	
<i>P. operculella</i>		0,05950
Significación	0,964	1,000

---

**Tabla 6** Resultados del ANOVA factorial 2x5 sobre los pesos de las pupas de *T. solanivora*.

Fuente	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	<i>F</i>	<i>P</i>
Especie	1	8,606E-5	8,606E-5	2,755	0,098
Densidad de pupas	4	2,497E-5	6,242E-5	0,200	0,938
Especie *					
Densidad de pupas	4	9,922E-5	2,481E-5	0,794	0,530
Error	429	0,316			

---

**Tabla 7** Resultados del ANOVA factorial 2x5 sobre los pesos de las pupas de *S. tangolias*.

<b>Fuente</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Especie	1	6,153E-5	6,153E-5	16,103	0,000
Densidad de pupas	4	3,462E-5	8,655E-5	2,265	0,062
Especie *					
Densidad de pupas	4	2,566E-5	6,414E-5	1,679	0,155
Error	327	0,123			

**11 ANEXOS**

**Anexo 1      Fórmula utilizada para calcular la tasa de supervivencia**

$$\frac{\text{Número de pupas al final del experimento}}{\text{Número de huevos al inicio del experimento}}$$

Para calcular el número de pupas al final del experimento se asumió que la tasa de mortalidad de las larvas fue del 50%, para esto se utilizó la siguiente fórmula: Número inicial de huevos – [0,5 x (Número inicial de huevos – Número final de pupas)].

**Anexo 2      Fórmula utilizada para calcular la tasa de consumo**

$$\frac{\text{Peso consumido}}{\text{Peso inicial del tubérculo}}$$

El peso consumido es el resultado de la diferencia del peso inicial y el peso final del tubérculo.



**Anexo 3      Fórmula utilizada para calcular la tasa de consumo por larva**

$$\frac{\text{Peso consumido}}{\text{Número de pupas al final del experimento}}$$

El peso consumido es el resultado de la diferencia del peso inicial y el peso final del tubérculo.